

METACONCEPCIONES EN LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS A NIVEL UNIVERSITARIO: EL CASO DE LA QUÍMICA ANALÍTICA

Antonio DOMÉNECH-CARBÓ*, José Vicente GIMENO-ADELANTADO, Francisco BOSCH-REIG

Departament de Química Analítica, Universitat de València, Dr. Moliner 50, 46100 Burjassot (València) Spain.* E-mail: antonio.domenech@uv.es.

Resumen

Las ciencias experimentales involucran una serie de conceptos directamente relacionados con la descripción de los sucesos a través de modelos formales. La enseñanza de estas formulaciones implica una serie de aproximaciones ontológicas, formales, semánticas y operacionales. En general, los modelos científicos van acompañados de una serie de metaconcepciones relativas a los fundamentos, métodos y aplicaciones de aquellos cuya presencia es necesaria en los currículums académicos. En el caso de la Química analítica, las metaconcepciones incluyen desde propiedades analíticas (exactitud, precisión, reproducibilidad, etc.) a conceptos operativos (separación, valoración, mineralización, etc.). Se presenta una discusión de la posición epistemológico de estas metaconcepciones y su inclusión en la enseñanza universitaria.

Palabras Clave: Epistemología, Química analítica, metaconcepciones, análisis conceptual.

1. Introducción

La Química analítica es una de las ramas fundamentales de la Química. En la medida en que esta rama posee unas estrechas relaciones con un amplio abanico de demandas sociales, la enseñanza de la Química analítica en la Universidad debe dirigirse no solamente a proporcionar una serie de conceptos 'químicos' esenciales, sino también a proporcionar una serie de concepciones y destrezas necesarias para la aplicación de los anteriores en el ejercicio normalizado del análisis químico.

A lo largo de las últimas décadas la enseñanza de la Química analítica a recibido una atención significativa [1]. Brevemente, muchos de los currículums propuestos se han centrado en los fundamentos de la Química analítica 'clásica' (equilibrios iónicos en disolución acuosa, métodos volumétricos y gravimétricos clásicos) e 'instrumental' (métodos ópticos, magneto-ópticos, electroquímicos, etc.) [2-5]. Se han propuesto diferentes enfoques educativos para la enseñanza de la Química analítica, incluyendo el empleo complementario de teoría y experimentación [6] el trabajo de laboratorio como núcleo de actividades educativas [7,8] y aproximaciones denominadas investigativa [9,10] y tecnológica [10,11], entre otras.

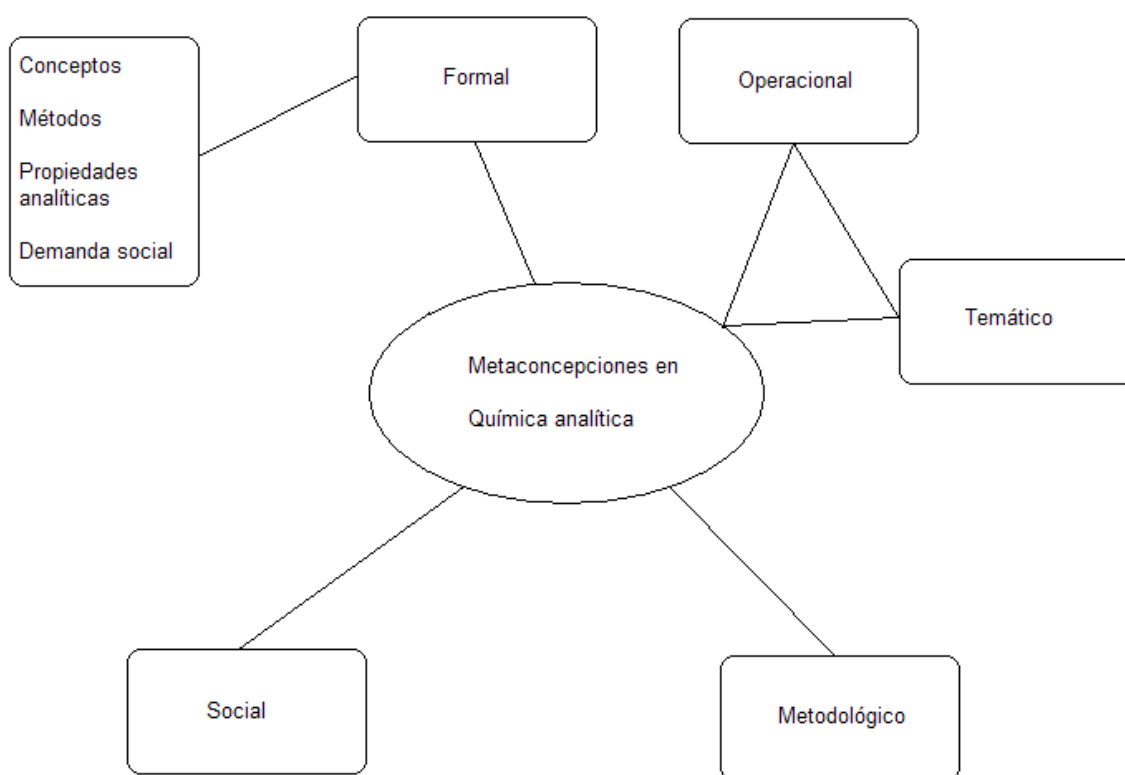
A parte de los conceptos fundamentales y derivados, relaciones formales, leyes, modelos, convenciones y operaciones, que constituyen la base de la Química analítica, existe una serie de conceptos, operaciones y enfoques, directamente relacionado con los anteriores, que constituyen una adición necesaria a el *corpus* doctrinal de esta subdisciplina científica [12-14]. Estas, que denominaremos genéricamente metaconcepciones, involucran desde propiedades analíticas (precisión, reproducibilidad) a concepciones operativas (separación, identificación) y habilidades relativas a procedimientos y métodos. Esta comunicación se dirige a discutir el significado epistemológico de las mismas y a su categorización, tomadas como base para su inclusión en el marco de la enseñanza de la Química analítica.

2. Metaconcepciones en Química analítica

De acuerdo con trabajos previos en torno al análisis definicional [15-17], la enseñanza de la Química analítica puede contemplarse en cuatro ámbitos (ver Figura 1):

- Formal, involucrando conceptos específicos y formulaciones dentro del marco general de la Química.
- Operacional/Temático, relativo a capacidades específicas, problemas y operaciones en Química analítica.
- Metodológico, relativo a los métodos específicos de la Química analítica.
- Social, teniendo en cuenta las evidentes y variadas demandas analíticas de la sociedad actual.

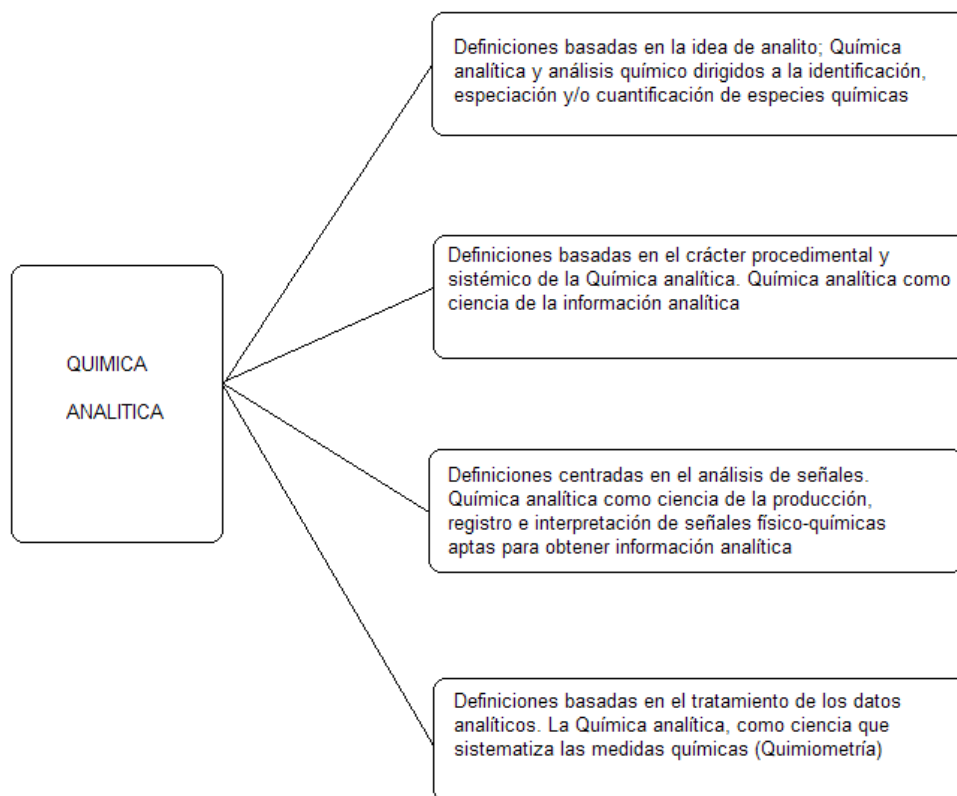
Figura 1. Esquema general para la calificación de metaconcepciones en Química analítica.



Es bajo esta perspectiva que el debate acerca de la propia definición de Química analítica desarrollado en los años 90 permite agrupar las definiciones en cuatro grupos básicos [18], resumidos en la Figura 2:

- a) Definiciones "clásicas" que se centran en la determinación de la composición de las muestras. La Química Analítica [18,19].
- b) Definiciones que hacen hincapié en el tratamiento de información [20-23].
- c) Definiciones centradas en la medición de señales [24-27].
- d) Definiciones que ponen el acento en el desarrollo de los métodos [18,28].

Figura 2. Metaconcepciones en las definiciones de Química analítica.



Las metaconcepciones relativas a los objetivos y capacidades de la Química analítica se refieren a:

- La visión generalizada de las especies químicas y los conceptos generales (y actualizados) de identificación, caracterización, especiación y determinación.
- La posibilidad de utilizar señales diferentes físico químicas para obtener información analítica, el empleo de técnicas híbridas y el tratamiento quimiométrico de datos.
- La posibilidad de analizar macro-, micro-, y submicro-sistemas e intermedios de vida corta.
- Los conceptos generalizados de análisis estructural y análisis de superficies.
- La posibilidad de analizar sistemas multicomponente complejos.
- La posibilidad de análisis *in situ* a distancia (teleanálisis).

Metaconcepciones en relación al marco social:

- Contribuciones a la investigación en Química analítica y otros campos de la Química.
- Análisis químico normalizado en bioquímica, farmacología, toxicología, ciencias forenses, ciencias medioambientales, etc.
- Análisis normalizado en la industria.
- Métodos analíticos en arqueometría, conservación y restauración del patrimonio histórico-artístico.

A todo ello cabe añadir los avances más recientes en Análisis químico [27,28,30]:

Métodos quimiométricos avanzados, control de calidad, computerización, transducción avanzada, miniturización, robotización, automatización, etc.

Las metaconcepciones en el ámbito formal pueden agruparse en:

- Relativas a conceptos químicos generales: análisis químico, operaciones, procesos analíticos, estrategias analíticas.
- Metaconcepciones relacionadas con conceptos y operaciones específicas: toma de muestra, separación, identificación, etc.
- Metaconcepciones vinculadas a los métodos analíticos específicos: valoración, gravimetría, electrolisis, cromatografía, etc.
- Metaconcepciones en torno a las denominadas propiedades analíticas: exactitud, precisión, reproducibilidad, etc.
- Metaconcepciones asociadas a las demandas sociales/analíticas: economía, robustez, seguridad, etc.

Es preciso establecer, sin embargo, una jerarquización entre los conceptos que aparecen en los diferentes grupos de metaconcepciones, siguiendo la establecida para los aspectos fundamentales de la Química analítica y el Análisis químico [27,28,30]. Desde el punto de vista educativo, cabe destacar que estas metaconcepciones constituyen una adición esencial a los conceptos propiamente químicos. Desde esta perspectiva, los enfoques educativos deberían atender a tres aspectos:

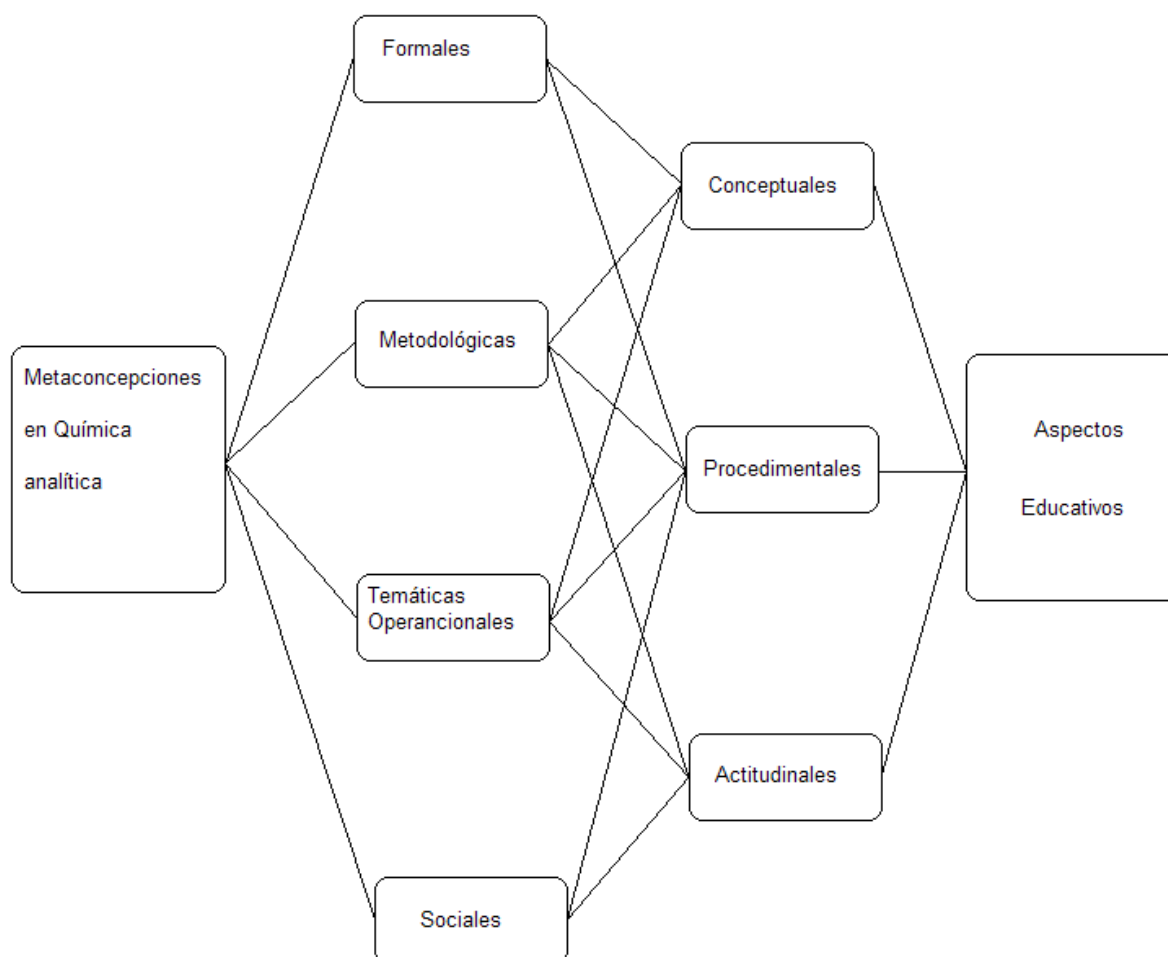
- Las metaconcepciones involucran no solamente conceptos sustentados por definiciones concretas (exactitud y precisión, límite de detección, intervalo de linealidad, etc.) sino también conceptos “en flujo”, relativas a definiciones operacionales y relacionales (trazabilidad, detección, indicación, etc.).
- Las metaconcepciones están a su vez relacionadas con la adquisición de destrezas procedimentales. Así, la selección de una determinada estrategia analítica para resolver un determinado problema se sustenta en gran medida sobre un uso eficiente de las metaconcepciones analíticas.
- Las metaconcepciones aparecen estrechamente vinculadas a las actitudes de los alumnos frente al aprendizaje, muy en particular en lo relativo a los objetivos y la conexión con el entorno social de la Química analítica y el Análisis químico.

La Figura 3 muestra un esquema de las posibles relaciones entre las metaconcepciones asociadas a la enseñanza de la Química analítica y los aspectos educativos relacionados.

3. Conclusiones

Las metaconcepciones asociadas a conceptos y métodos químico-analíticos específicos juegan un papel muy destacado en el aprendizaje de la Química analítica y del análisis químico. Las técnicas de análisis definicional permiten una división en metaconcepciones formales, metodológicas, operacionales y sociales que puede utilizarse de cara a la inserción de estas metaconcepciones en el curriculum de Química analítica.

Figura 3. Relaciones entre las metaconcepciones asociadas a la enseñanza de la Química analítica y los aspectos educativos relacionados. Se señalan los vínculos considerados más estrechos.



Referencias

- [1] MURRAY, R.W. "Teaching of analytical chemistry in the U.S.", *Talanta*, Vol. 36, 1989, pp. 11-17.
- [2]. BRAUN, T. "Approaches to the top advances in analytical chemistry, 1935–1985", *Fresenius Journal of Analytical Chemistry*, Vol 323, 1986, pp. 105-111.
- [3] LAITINEN, H.A. "History of analytical chemistry in the U.S.A.", *Talanta*, Vol. 36, 1989, pp.1-9.
- [4] SOMMER, L., "Problems of teaching undergraduate analytical chemistry", *Fresenius Journal of Analytical Chemistry*, Vol. 347, 1993, pp. 29-31.
- [5] KELLNER, R. "Education of analytical chemists in Europe. The WPAC Eurocurriculum on analytical chemistry", *Analytical Chemistry*. Vol. 66, 1996, pp. 98-101.
- [6] WRIGHT, J.C., "Authentic Learning Environment in Analytical Chemistry Using Cooperative Methods and Open-Ended Laboratories in Large Lecture Courses", *Journal of Chemical Education*. Vol. 73, 1996, pp. 827-832.
- [7] CLARK, D.R.; REST, J.R., "Teaching chemistry the smart way", *Education in Chemistry*, Vol. 33, pp. 78-81.

- [8] FITCH, A.; WANG, Y.; MELLICAN, S.; MACHA, S., "Lead Lab Teaching Instrumentation with One Analyte", *Analytical Chemistry*, Vol. 68, 1996, p. 727A.
- [9] WENZEL, T.J. "A new approach to undergraduate analytical chemistry", *Analytical Chemistry*. Vol. 67, 1995, pp. 470-475.
- [10] KLOCKOW, D. "The Teaching of Problem Solving: Environmental Analysis". *Fresenius Journal of Analytical Chemistry*. Vol. 305, 1981. pp. 119-123.
- [11] SMITH, S.; STOVALL, I., "Networked Instructional Chemistry: Using Technology To Teach Chemistry", *Journal of the Chemical Education*, Vol. 73, 1996, pp. 911-915.
- [12] DUSCHL, R.A., "Science Education and Philosophy of Science Twenty-Five Years of Mutually Exclusive Development", *School Science and Mathematics*, Vol. 87, 1985, pp. 541-555.
- [13] HODSON, D. "Philosophy, Science and Science Education". *Studies in Science Education*. Vol. 12, 1985, 25-57.
- [14] GILBERT, J.K. The interface between science education and technology education. *International Journal of Science Education*, Vol. 14, 1992, pp. 563-578.
- [15] DOMENECH, A. "El concepto de masa en la Física clásica: aspectos históricos y didácticos". *Enseñanza de las Ciencias*. Vol. 10, 1992, pp. 223-227.
- [16] DOMENECH, A.; CASASUS, E.; DOMENECH, M.T. "The Classical Concept of Mass: Theoretical Difficulties and Students Definitions". *International Journal of Science Education*. Vol. 15, 1993, pp. 163-173.
- [17] DOMENECH, A. "On the concept of relativistic mass. Some ontological considerations". *Physics Education (India)*. Vol. 14, 1997, pp. 46-51.
- [18] DOMENECH, A. "El debate sobre la masa relativista. El problema definicional y otros aspectos epistemológicos". *Enseñanza de las Ciencias*. Vol. 16, 1998, pp. 331-339.
- [19] STULIK, K.; ZYKA, J. "Analytical Chemistry - Today's Definition and Interpretation". *Fresenius Journal of Analytical Chemistry*. Vol. 343, 1992, 832-833.
- [20] DANZER, K. "Analytical Chemistry - Today's Definition and Interpretation". *Fresenius Journal of Analytical Chemistry*. Vol. 343, 1992, pp. 827-828.
- [21] ECKSHLAGER, K.; STEPANEK, V. *Information theory as applied to chemical analysis*. 1979. Wiley, Nueva York.
- [22] KOCH, K.H. "Analytical Chemistry - Today's Definition and Interpretation". *Fresenius Journal of Analytical Chemistry*. Vol. 343, 1992, pp. 821-822.
- [23] NAN, Z. "Analytical Chemistry - Today's Definition and Interpretation". *Fresenius Journal of Analytical Chemistry*. Vol. 343, 1992, pp. 819-820.
- [24] PUNGOR, E.; KELLNER, R. "The Teaching of Analytical Chemistry in Europe". *Analytical Chemistry*. Vol. 60, 1988, pp. 623A.
- [25] MURRAY, R.W. "Analytical Chemistry: The Science of the Measurements". *Analytical Chemistry*. Vol. 63, 1991, pp. 271A.
- [26] VALCARCEL, M. "Analytical Chemistry - Today's Definition and Interpretation". *Fresenius Journal of Analytical Chemistry*. Vol. 343, 1992, pp. 814-815.
- [27] VALCARCEL, M. "A modern definition of analytical chemistry". *Trends in Analytical Chemistry*. Vol 16, 1992, pp. 124-131.
- [28] PEREZ BUSTAMANTE, J.A. "Analytical Chemistry - Today's Definition and Interpretation". *Fresenius Journal of Analytical Chemistry*. Vol. 343, 1992, pp. 823-824.
- [29] CAMMAN, K. "Analytical Chemistry - Today's Definition and Interpretation". *Fresenius Journal of Analytical Chemistry*. Vol. 343, 1992, pp. 825-826.
- [30] VALCARCEL, M.; LUQUE DE CASTRO, M.D., "A hierarchical approach to analytical chemistry" *Trends in Analytical Chemistry*, Vol. 14, 1995, pp. 242-250.