



REFLEXIÓN

Análisis curricular de la enseñanza química en México en los niveles preuniversitarios. Parte II: La educación media superior



Yosajandi Pérez Campillo^{a,*} y José Antonio Chamizo Guerrero^b

^a Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional (Cinvestav-IPN), Ciudad de México, DF, México

^b Facultad de Química, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), Ciudad de México, DF, México

Recibido el 23 de septiembre de 2015; aceptado el 29 de diciembre de 2015

Disponible en Internet el 2 de junio de 2016

PALABRAS CLAVE

Análisis curricular; Currículo de ciencias; Educación media superior; Nivel preuniversitario; Enseñanza de la química

Resumen Hoy en día, hay un debate sobre la necesidad de cambiar el currículo de las ciencias en los niveles preuniversitarios, con la idea de que no solo se aborden los contenidos disciplinarios, sino también que contribuya al desarrollo de diferentes habilidades de pensamiento, de manejo de la tecnología y que permita al estudiante entender y aplicar el conocimiento de mejor manera dentro de su propio contexto. En el caso de México, debido a nuestro bajo nivel de educación expresado en diversas evaluaciones, el cambio curricular se hace necesario y para ello, el primer paso es el estudio de la situación actual con el fin de caracterizar el currículo y encontrar, así, las fortalezas y áreas de oportunidad. Por lo anterior, este estudio se trata de un análisis curricular, específicamente para la enseñanza de la química en el nivel bachillerato, teniendo en cuenta los cinco programas específicos de química general del nivel medio superior. Para llevar a cabo este análisis se consideraron cinco grandes ejes: la naturaleza de la ciencia, el contexto, los trabajos prácticos, la evaluación y la estructura sustantiva (incluyendo la estructura paradigmática).

Derechos Reservados © 2016 Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Química. Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons CC BY-NC-ND 4.0.

KEYWORDS

Curricular analysis; Science curriculum; High school education; Pre-university levels education; Teaching chemistry

Curricular teaching chemistry analysis in Mexico in pre-university levels. Part II: The high school education

Abstract Today, there is an ongoing discussion about the need to change the science curriculum in pre-university levels, with the idea that they are not only addressed the disciplinary contents but also that the curriculum, contribute to the development of different thinking skills, management tools derived from technology and allows the student to better understand and apply knowledge within their own context. In the case of Mexico, due to our poor level of

* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: yperez@cinvestav.mx (Y. Pérez Campillo).

La revisión por pares es responsabilidad de la Universidad Nacional Autónoma de México.

education expressed in various assessments, curriculum change is necessary and for this, the first step is to study the current situation in order to characterize the curriculum and find the strengths and areas opportunity. Therefore, this study is a curriculum analysis, specifically for teaching chemistry at the high school level, considering five specific programs of general chemistry from high school. To carry out this analysis considered five large axes: Nature of science, context, practical work, evaluation and substantive structure (including the paradigmatic structure).

All Rights Reserved © 2016 Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Química. This is an open access item distributed under the Creative Commons CC License BY-NC-ND 4.0.

Introducción

En la literatura sobre investigación educativa de los últimos años, se ha manifestado un gran interés de diversos grupos de especialistas por analizar la manera en la que debería enseñarse la ciencia en los niveles preuniversitarios, considerando que en los tiempos modernos el currículo escolar debería estar enfocado al desarrollo de habilidades que permitan tener una mejor vida (personal, profesional y social) más que a la mera adquisición de información (Delors, 1996; Pozo, 1997; Millar y Osborne, 1998; Chamizo, 2001; Burden, 2005).

Este interés se ha evidenciado en varios estudios y propuestas didácticas dirigidas a la mejora de la enseñanza que incluyen desde el reconocimiento de las ideas previas de los estudiantes, las estrategias para lograr el cambio conceptual, el diseño de unidades didácticas diversas, el uso de progresiones de aprendizaje (Talanquer, 2013), la indagación y la resolución de problemas, (Padilla, 2012; Pérez y Chamizo, 2013), hasta la incorporación de las TIC. Asimismo, se han hecho propuestas que hablan de la necesidad de incluir no solo temas conceptuales, sino también aspectos relacionados con la naturaleza de la ciencia y el quehacer científico que contribuyan a la reflexión de los estudiantes sobre qué es la ciencia, cómo se hace y quién la hace (Monk y Osborne, 1997; Clough, 2007). Sin embargo, de entre las cosas que tienen en común los resultados de estas investigaciones destaca que uno de los principales obstáculos para la incorporación de nuevas metodologías, sino también de temas que conduzcan a la reflexión, resulta ser el sobrecargado e inflexible currículo escolar oficial (Caamaño e Izquierdo, 2003; Quilez, 2005).

De este modo, la discusión sobre la necesidad de modificación del currículo escolar está presente en todos los ámbitos: tanto desde el punto de vista de los investigadores en didáctica, como de los propios profesores en el aula. Y aunque el hablar del currículo implique una diversidad de consideraciones, como el currículo formal oficial, operativo, oculto o nulo (Posner, 2005), lo cierto es que el currículo formal oficial, es decir, el documento donde se explicitan los contenidos de un curso, es el que constituye la base de la educación formal. Específicamente en el caso de la química, algunos de los temas que se discuten sobre el currículo de la educación preuniversitaria tienen que ver con preguntas como: ¿la educación en química en estos niveles debe apelar a la alfabetización en ciencias, lo que significa que

debe pensarse en una educación «para todo público», o más bien debe ser propedéutica, pensando en un público que seguirá estudios superiores en áreas científicas? (van Berkel et al., 2000; Holman, 2002; Caamaño, 2006), ¿los contenidos de los currículos en química en estos niveles deben ser un «extracto» de todo el cuerpo de conocimientos de esta disciplina, o solo son algunos conceptos «fundamentales» y bien elegidos los que deben abordarse? (Izquierdo, 2005). Y si esto es así, ¿cuáles son los «conocimientos fundamentales» que debe tener un estudiante al terminar la educación preuniversitaria?

La respuesta a estas interrogantes no es trivial y no la tenemos ahora, sin embargo, consideramos que el primer paso es una revisión y análisis del currículo en ciencias que permitan identificar la visión y propósitos del mismo y, a partir de ahí, hacer las modificaciones que permitan un diseño curricular que cumpla con las necesidades de los estudiantes en el contexto actual. En el caso de México, debido a nuestro precario nivel de escolaridad y a nuestras múltiples necesidades económicas y sociales, una investigación así se hace necesaria, a fin de caracterizar el currículo de las diversas disciplinas científicas y encontrar los aciertos y áreas de oportunidad que nos permitan tomar las mejores decisiones para modificarlo. Un análisis de este tipo se ha realizado para la enseñanza de la química en los niveles preuniversitarios¹. En este artículo se presentan los resultados correspondientes a la revisión de la educación media superior, mientras que la descripción del análisis para la educación básica puede encontrarse en el artículo correspondiente a la parte I (Chamizo y Pérez, enviado para su publicación).

Metodología para el análisis

A partir de las reformas a los artículos 3 y 31 constitucionales en 2012, se firmó el decreto por el que la educación media superior se hace obligatoria en México: el artículo tercero establece que «todo individuo tiene derecho a recibir educación. El Estado Federación, Estados, Distrito Federal y

¹ Esta investigación se ha realizado como parte del trabajo de tesis: Pérez, Y., "La educación química en México. Estudio para el nivel básico y medio superior", Tesis para obtener el grado de Doctor en Ciencias, CINVESTAV-IPN.

Municipios impartirá educación preescolar, primaria, secundaria y media superior. La educación preescolar, primaria y secundaria conforman la educación básica; esta y la media superior serán obligatorias» (*Diario Oficial de la Federación, 2012*, p. 2). Mientras que el artículo 31 dice que «es obligación de los padres: hacer que sus hijos concurran a las escuelas públicas o privadas, para obtener la educación preescolar, primaria, secundaria, media superior y reciban la militar, en los términos que establezca la ley» (*Diario Oficial de la Federación, 2012*, p. 2)².

Para llevar a la práctica este decreto, en el Plan Nacional de Desarrollo 2007-2012, además de sentar las bases de la reforma integral de la educación básica (RIEB), también se establecieron los objetivos de la reforma integral de la educación media superior (RIEMS). Los aspectos sustantivos de esta reforma fueron: 1) construcción de un marco curricular común; 2) definición y reconocimiento de la oferta de la educación media superior; 3) profesionalización de los servicios educativos, y 4) certificación nacional complementaria³.

El primer aspecto de la RIEMS es de particular relevancia debido a que la estructura organizativa de este nivel educativo es compleja: implica dos modalidades, una de carácter propedéutico, en la que se prepara a los alumnos para el estudio de diferentes disciplinas científicas, tecnológicas y humanísticas y proporciona una cultura general a fin de que sus egresados se incorporen a las instituciones de educación superior o al sector productivo, y otra de carácter bivalente, que cuenta con una estructura curricular integrada por un componente de formación profesional y otro de carácter propedéutico; en esta se prepara simultáneamente para continuar estudios superiores y para tener una formación tecnológica orientada a la obtención de un título de técnico profesional. Por otro lado, de acuerdo con el sostenimiento, las escuelas de educación media superior pueden clasificarse en federales, estatales, autónomas y privadas. Los sostenimientos federal y estatal, por su parte, pueden ser centralizados, descentralizados o descentralizados (*INEE, 2013*). Como puede observarse, la variedad de escuelas de este nivel implica la necesidad de tener algún tipo de homogeneidad, que desde el 2012 se tradujo como el marco curricular común (MCC):

El MCC permite articular los programas de distintas opciones de educación media superior (EMS) en el país. Comprende una serie de desempeños terminales expresados como (I) competencias genéricas, (II) competencias disciplinares básicas, (III) competencias disciplinares extendidas (de carácter propedéutico) y (IV) competencias profesionales (para el trabajo). Todas las modalidades y subsistemas de la EMS compartirán el MCC para la organización de sus planes y programas de estudio. Específicamente, las dos primeras competencias

² Cabe señalar que a pesar del decreto, debido a las precarias condiciones del sistema educativo mexicano, será hasta 2025 cuando se alcance en el país la cobertura universal de este nivel (*Rodríguez, 2012*).

³ De manera general, en este nivel se encuentran aproximadamente 4.7 millones de alumnos (ciclo escolar 2013-2014) en tres sistemas diferentes: profesional técnico, bachillerato general y bachillerato tecnológico, lo que implica no menos de 10 programas de estudio diferentes (*INEE, s/f*).

serán comunes a toda la oferta académica del SNB. Por su parte, las dos últimas se podrán definir según los objetivos específicos y necesidades de cada subsistema e institución, bajo los lineamientos que establezca el SNB. (*Diario Oficial de la Federación, 2008*, p. 2.)

De este modo, y partiendo del MCC, para realizar el análisis de este nivel educativo se determinó hacer una selección de entre toda la variedad de instituciones: se eligieron cinco programas que representan poco más de la mitad de toda la matrícula a este nivel, pues directa o indirectamente se imparten en todo el país. Estos programas son los correspondientes a:

- Dirección General de Bachillerato (DGB, SEP⁴).
- Dirección General de Educación Tecnológica Industrial (DGETI, SEP).
- Escuela Nacional Preparatoria (ENP, UNAM).
- Escuela Nacional Colegio de Ciencias y Humanidades (CCH, UNAM).
- Colegio Nacional de Educación Profesional Técnica (CONALEP, SEP).

Una vez elegidos los programas, para el análisis curricular se utilizó la propuesta de *Chamizo y Pérez (enviado para su publicación)*, en la que se consideran cinco ejes así como la estructura sustantiva paradigmática para abordar el estudio de cualquier currículo de ciencias naturales (*tabla 1*).

Una vez identificados los ejes, se revisaron los documentos curriculares oficiales y se procedió a codificar (*Robson, 2002*) qué características de la naturaleza de la ciencia, el contexto, la evaluación y los trabajos prácticos se considerarían. Por ejemplo, cuando al presentar un determinado tema de ciencia se indicaba que los resultados o las teorías propuestas lo eran por el seguimiento del método científico, se marcaba con el número 6 (NC «El mito del método científico»), o cuando se indicaba que sobre un determinado tema científico se daban ejemplos, se procedió a calificar dicho tema en el rubro de contexto con un 1 (de modelo 1). Cuando con la integración de los resultados se reconocían diferencias o discrepancias, se procedía a su discusión, revisión y corrección a fin de llegar al consenso sobre la caracterización del programa analizado.

Resultados de la revisión curricular

Estructura sustantiva paradigmática

T. Kuhn es, con S. Toulmin (*Chamizo, 2006*), uno de los iniciadores del giro historicista en la filosofía de la ciencia ocurrido durante la segunda mitad del siglo pasado. De acuerdo con Kuhn, el desarrollo de la ciencia no es un proceso acumulativo, sino más bien uno de ruptura y reconstrucción. A los períodos de ruptura los llamó «revoluciones

⁴ CCH: Colegio de Ciencias y Humanidades; CONALEP: Colegio Nacional de Educación Profesional Técnica; DGB: Dirección General de Bachillerato; DGETI: Dirección General de Educación Tecnológica Industrial; ENP: Escuela Nacional Preparatoria; SEP: Secretaría de Educación Pública; UNAM: Universidad Nacional Autónoma de México.

Tabla 1 Ejes propuestos para el análisis curricular

Eje robusto	Características (códigos)
I. Estructura sustantiva paradigmática	Se refiere a los conceptos aceptados por la comunidad científica (paradigmas actualmente válidos)
II. Estructura sustantiva	Permite el reconocimiento explícito de los temas propuestos en los programas correspondientes a cada nivel educativo, es decir, los contenidos a estudiar y su secuencia
III. Naturaleza de las ciencias (NC)	Se pueden identificar una o varias de las siguientes características filosóficas: <ol style="list-style-type: none"> 1. La naturaleza empírica de la ciencia 2. Las teorías y las leyes científicas 3. La condición imaginativa y creativa del conocimiento científico 4. La «carga de teoría» del conocimiento científico 5. La inserción cultural y social del conocimiento científico 6. El mito del «método científico» 7. La provisionalidad del conocimiento científico 8. Cuando se identifican posturas filosóficas contrarias a las anteriores
IV. Contexto (C)	La contextualización de los contenidos puede ser de tres tipos: <ol style="list-style-type: none"> 1. El contexto como la aplicación directa de los conceptos 2. El contexto como la reciprocidad entre conceptos y aplicaciones 3. El contexto como las circunstancias sociales
V. Actividades prácticas (AP)	Se identifica uno o varios de los siguientes tipos de actividades: <ol style="list-style-type: none"> 1. Ejercicios prácticos 2. Experiencias 3. Investigaciones: <ol style="list-style-type: none"> a) documentales b) experimentales
VI. Evaluación (E)	Se reconoce la propuesta de algún los tipo de evaluación: <ol style="list-style-type: none"> 1. Diagnóstica 2. Formativa 3. Sumativa

científicas», y a los de reconstrucción, «ciencia normal». Los de reconstrucción se organizan alrededor de lo que originalmente Toulmin y luego él mismo llamó paradigma. Kuhn, más que ningún otro filósofo de las ciencias, ha insistido en la importancia de la educación en la conformación de la «ciencia normal»:

Sin embargo, puesto que los libros de texto son vehículos pedagógicos para la perpetuación de la ciencia normal, siempre que cambien el lenguaje, la estructura de los problemas, o las normas de la ciencia normal, tienen íntegramente, o en parte, que volver a escribirse. (Kuhn, 1971, p. 214.)

Aceptando la descripción de Kuhn de ciencia normal, se puede identificar respecto al currículo de las ciencias (particularmente a nivel preuniversitario o en las asignaturas llamadas Biología General, Física General o Química General en los primeros cursos de las universidades) una posición dominante, que como su nombre lo indica es la que prevalece prácticamente en todo el mundo. Reconocer esta estrecha posición dominante coincide con lo dicho por el mismo Kuhn:

La característica más distintiva de la educación científica es que, en una extensión no compartida con ningún otro campo creativo o del saber, se transmite a través de los libros de texto escritos especialmente para los estudiantes. Cada libro que busca ser utilizado en un

determinado curso compite, ya sea en profundidad o en detalles pedagógicos, pero prácticamente nunca en estructura conceptual...los libros de texto no abordan los problemas que los científicos profesionales enfrentan o la variedad de técnicas que la experiencia les ha mostrado son capaces de utilizar para resolverlos. En su lugar, los libros de texto exhiben una colección de problemas-solución que los científicos profesionales han aceptado como paradigmáticos, pidiéndose a los alumnos que, ya sea con lápiz y papel o en el laboratorio, los resuelvan utilizando los métodos y/o sustancias que han mostrado con anterioridad en sus páginas. (Kuhn, 1963, p. 350-351.)

La ciencia normal privilegia el trabajo técnicamente preciso y lógicamente riguroso, y es alrededor de la cual se forman los docentes y los alumnos en prácticamente todo el mundo.

En la **tabla 2** se pueden ver los contenidos secundarios que forman parte de esta estructura. Se han obtenido a partir de una revisión de los libros de texto que los documentos curriculares de los cursos generales profesionales (universidades, politécnicos y/o tecnológicos) y del bachillerato reconocen explícitamente como fuentes de consulta básica o complementaria. Se seleccionaron aquellos libros que son coincidentes entre las escuelas, ampliamente traducidos y con varias ediciones. Como se verá más adelante, esta estructura será determinante para el establecimiento

Tabla 2 Estructura sustantiva paradigmática de química

Libro de texto seleccionado	Contenidos
Brown, T.L., LeMay, H.E., Bursten, B.E., Murphy, C.J., Woodward, P.M. (2014). <i>Química: la ciencia central</i> , 12. ^a ed., México: Pearson Educación, 1064 p.	1. Estructura atómica y molecular 2. Estequiométrica 3. Termoquímica 4. Periodicidad 5. Enlace químico 6. Fuerzas intermoleculares 7. Equilibrio químico. Ácidos y bases 8. Termodinámica 9. Electroquímica 10. Metales y metalurgia 11. Química orgánica 12. Bioquímica
Chang, R., Goldsby, K.A. (2013). <i>Química</i> , 11. ^a ed. México: McGraw Hill Interamericana, 1107 p.	

de la estructura sustantiva de los diversos programas analizados.

Estructura sustantiva

En el caso de la DGB, los programas están configurados en bloques como una secuencia de los programas de la secundaria (SEP, 2013a, b). Se plantea el estudio de la química en los dos primeros semestres, por lo que se habla de Química I y Química II que pertenecen al componente de formación básica.

El programa de la DGII (SEP, 2013c) ubica las asignaturas de ciencias repartidas a lo largo de los primeros cinco semestres, y los dos primeros corresponden al abordaje de Química I y Química II. La organización del programa de estudios no responde a la lógica de organización de unidades, temas y subtemas, sino que pretende ser abierta y flexible para facilitar la posibilidad de que el docente plantee múltiples construcciones de estrategias educativas centradas en el aprendizaje (ECA). De este modo, el programa se estructura a partir de redes conceptuales con el propósito de que sean los profesores quienes elijan los temas, diseñen y apliquen las estrategias. Para abordar los temas, únicamente se dan «ejemplos metodológicos», y por esta razón, para efectos de este trabajo, es complicado analizar los cinco ejes robustos pues no se tiene certeza de lo que el docente realiza en el aula.

En la ENP las asignaturas se imparten anualmente: en el segundo año se aborda la Química Básica, que es una asignatura considerada teórico-práctica (UNAM, 1996). Por otro lado, en el CCH las asignaturas se cursan semestralmente y cada una de las ciencias tiene asignados dos semestres; en los dos primeros se abordan Química I y Química II.

En el CONALEP los estudios de química se dan en el módulo Análisis de la materia y energía, que se imparte en el segundo y tercer semestres. Corresponde al núcleo de formación básica de todas las carreras de profesional técnico y profesional técnico-bachiller.

En la tabla 3 se puede ver la estructura sustantiva para los programas elegidos.

Como se puede observar, la estructura sustantiva es muy semejante a la estructura sustantiva paradigmática. Aquí solo hay que decir que hay otras estructuras sustantivas

posibles que habría que considerar, como recientemente se han reportado en esta misma revista (Chamizo, 2011; Amador-Bedolla, 2013; Mestres, 2013; Zoller, 2013; Garritz, Vilches y Gil Pérez, 2014; Sevian, Ngai, Szeinberg, Brenes y Arce, 2015).

En la tabla 4 se muestra un resumen del análisis de los programas, considerando los ejes: naturaleza de la ciencia, contexto, evaluación y actividades prácticas. En la tabla aparece la codificación antes mencionada y, posteriormente, se hacen diversos apuntes relacionados con cada uno de los ejes.

Naturaleza de la ciencia

Sobre la naturaleza de la ciencia se asumen los trabajos desarrollados por Lederman (2002, 2007) que consensúan diversas posturas, todas sobre la epistemología del conocimiento científico, y que a pesar de diversas controversias son las más utilizadas en la literatura especializada. Es pertinente hacer notar que ya se discute sobre la naturaleza de las ciencias y en particular la naturaleza de la química reconociendo sus especificidades propias (Chamizo et al., 2012), asunto no considerado aquí. Sin embargo, el consenso original que considera acuerdos mínimos entre historiadores y filósofos, su accesibilidad a los estudiantes, y su utilidad por los ciudadanos se centra en siete puntos (Lederman, Abd-el-Khalick, Bell y Schwartz, 2002, pp. 500-502): 1) la naturaleza empírica de la ciencia; 2) la diferencia entre teorías y leyes científicas; 3) el conocimiento científico apela a la imaginación y la creación; 4) la «carga de teoría» del conocimiento científico; 5) la inserción cultural y social del conocimiento científico; 6) el mito del «método científico», y 7) la provisionalidad del conocimiento científico.

En el análisis de los programas, lo que podemos distinguir es que, por ejemplo, en el programa de la DGB se evidencia una clara postura filosófica respecto al método científico como elemento indispensable (remitiendo a sus cualidades de «único y universal») para el desarrollo de la ciencia:

En el bachillerato, se busca consolidar y diversificar los aprendizajes [...] promoviendo en Química I el reconocimiento de esta ciencia como parte importante de su vida diaria y como una herramienta para resolver problemas

Tabla 3 Estructura sustantiva para el nivel medio superior

Bloque/unidad	Temas
DGB	
<i>Química I</i>	
I. Reconoces la química como una herramienta para la vida	La Química El método científico y sus aplicaciones
II. Comprendes la interrelación de la materia y la energía	Materia: propiedades y cambios Energía y su interrelación con la materia
III. Explicas el modelo atómico actual y sus aplicaciones	Modelos atómicos y partículas subatómicas Conceptos básicos (número atómico, masa atómica y número de masa) Configuraciones electrónicas y los números cuánticos Los isótopos y sus aplicaciones Elementos químicos
IV. Interpretas la tabla periódica	Propiedades periódicas y su variación en la tabla periódica Utilidad e importancia de los metales y no metales para la vida socioeconómica del país y el mundo
<i>Química II</i>	
I. Aplicas la noción de mol en la cuantificación de procesos químicos de tu entorno	Mol Leyes ponderales Implicaciones ecológicas, industriales y económicas de los cálculos estequiométricos
II. Actúas para disminuir la contaminación del aire, agua y suelo	Contaminación del agua del aire y del suelo. Origen Inversión térmica Esmog Lluvia ácida
III. Comprendes la utilidad de los sistemas dispersos	Clasificación de la materia Sistemas dispersos Métodos de separación de mezclas Unidades de concentración de sistemas dispersos Ácidos y bases
IV. Valoras la importancia de los compuestos del carbono en tu vida diaria y entorno	Configuración electrónica y geometría molecular del carbono Tipos de cadena e isomería Características, propiedades físicas y nomenclatura general de los compuestos orgánicos Importancia ecológica y económica de los compuestos del carbono
V. Identificas la importancia de las macromoléculas naturales y sintéticas	Macromoléculas, polímeros y monómeros Macromoléculas naturales Macromoléculas sintéticas
DGTI	
<i>Química I</i>	
Materia y energía	Composición de la materia, enlaces químicos y nomenclatura y obtención de los compuestos inorgánicos
<i>Química II</i>	
Materia y energía	Estequioometría y química del carbono
ENP	
<i>Química III</i>	
I. La energía, la materia y el cambio	Energía, motor de la humanidad La materia y los cambios El sol, horno nuclear El hombre y su demanda de energía ¿Qué es el aire?
II. Aire, intangible pero vital	Reactividad de los componentes del aire: algunas reacciones del N ₂ , O ₂ , y CO ₂ . Calidad del aire: principales contaminantes y fuentes de contaminación
III. Agua. ¿De dónde, para qué y de quién?	Tanta agua y nos podemos morir de sed Importancia del agua para la humanidad El porqué de las maravillas del agua

Tabla 3 (continuación)

Bloque/unidad	Temas
IV. Corteza terrestre, fuente de materiales	Minerales: ¿la clave de la civilización? Petróleo, un tesoro de materiales y de energía La nueva imagen de los materiales Suelo, soporte de la alimentación La conservación o destrucción de nuestro planeta
V. Alimentos, combustible para la vida	Elementos esenciales para la vida Fuentes de energía material y estructural Conservación de alimentos
CCH	
<i>Química I</i>	
I. Agua, compuesto indispensable	¿Por qué el agua se contamina tan fácilmente? ¿Cómo se separan los contaminantes del agua? ¿Qué importancia tienen las mezclas en nuestra vida diaria? ¿Es el agua un compuesto o un elemento? ¿Por qué es indispensable el agua para la vida? ¿Es el aire una mezcla o una sustancia pura? ¿Cómo actúa el oxígeno del aire sobre los elementos? ¿En qué son diferentes los metales de los no metales? ¿Cómo podemos predecir el tipo de enlace que hay entre dos átomos? ¿Qué les sucede a las sustancias al quemarlas? ¿Se puede detener la contaminación del aire en la ciudad de México?
II. Oxígeno, componente activo del aire	
<i>Química II</i>	
I. Suelo, fuente de nutrientes para las plantas	¿Por qué es importante el suelo? ¿Qué es el suelo? ¿Cómo se clasifican los componentes sólidos del suelo? ¿De qué está formada la parte inorgánica del suelo? ¿Qué son las sales y qué propiedades tienen? ¿Cómo se representan y nombran las sales en el lenguaje de la química? ¿Cuál es el alimento para las plantas? ¿Cómo ayuda la química a determinar la cantidad de sustancias que intervienen en las reacciones de obtención de sales? ¿Qué importancia tiene conocer la acidez del suelo? ¿Por qué es necesario preservar el suelo? ¿Es el suelo un recurso natural inagotable? ¿Por qué comemos? ¿Qué tipo de sustancias constituyen los alimentos?
II. Alimentos, proveedores de sustancias esenciales para la vida	¿Por qué el carbono es el elemento predominante en los alimentos? ¿Qué determina las propiedades de los compuestos del carbono? ¿Qué grupos funcionales están presentes en los nutrientes orgánicos? ¿Cuál es la función en el organismo de los nutrientes? ¿Hay relación entre la estructura de los nutrientes y su función en el organismo? Y tú, ¿cómo te alimentas? ¿Cómo se conservan los alimentos? ¿Qué son los medicamentos? ¿Cómo se obtienen los medicamentos? ¿Cómo se sintetiza un principio activo? ¿Cómo ayuda la química a combatir las enfermedades? ¿Cómo ayuda la química a mejorar tu forma de vida?
III. Medicamentos, productos químicos para la salud	
CONALEP	
<i>Análisis de la materia y energía</i>	
1. Determinación del comportamiento de la materia y la energía en compuestos inorgánicos	Determinación de la importancia de la química como ciencia Diferenciación y usos de las propiedades de la materia Descripción de los cambios físicos y químicos de la materia

Tabla 3 (continuación)

Bloque/unidad	Temas
2. Obtención del balance de masas y de energía calorífica	Identificación de las características principales de la estructura atómica Representación de las propiedades de los compuestos en función de su tipo de enlace Tipificación de fórmulas de los compuestos inorgánicos Identificación de reacciones químicas Determinación del impacto ambiental Descripción de las leyes ponderales Cálculo de la composición de las sustancias Determinación de las relaciones estequiométricas Determinación de la velocidad de reacción y equilibrio químico Descripción de las características de la termodinámica y la termoquímica Identificación de las características de la química orgánica Caracterización de los compuestos del carbono Formulación y propiedades de los compuestos del carbono según las reglas de la UIQPA Clasificación de reacciones químicas orgánicas por grupo funcional
3. Diferenciación de los compuestos del carbono y derivados	

del mundo que nos rodea, implementando el método científico como un elemento indispensable en la resolución y exploración de estos, con la finalidad de contribuir al desarrollo humano y científico. (SEP, 2013a, p. 6.)

En el caso de la DGTI, aunque en el currículo de química no es posible ver si los profesores abordan o no temas relacionados con la NC, es importante hacer notar que existe una asignatura de carácter reflexivo: Ciencia, Tecnología, Sociedad y Valores. Dada la descripción de la asignatura, podríamos considerar que es un acierto su incorporación, ya que constituye una potencial discusión de la NC, del contexto y de la interculturalidad, sin embargo, la ambición cognitiva de la misma, identificada por la bibliografía sugerida, permite prever su muy compleja implementación en las aulas.

De la revisión del programa de la ENP no es posible identificar elementos que nos permitan establecer alguna postura filosófica. Para el caso del CCH, solo se pudo identificar la «provisionalidad» del conocimiento científico a través del enunciado: «Elaborar modelos que describan y expliquen los comportamientos y propiedades observados y ser capaz de modificarlos al aparecer nuevos hechos, iniciando la comprensión de cómo se construyen o evolucionan las teorías» (UNAM, 2003, p. 7). Sin embargo, a lo largo de la descripción del programa no vuelve a retomarse la reflexión sobre el tema. En el CONALEP, no hay referencias de consideración de la NC dentro del módulo revisado.

Contexto

La palabra contexto proviene del latín *contexere*, que significa «tejer juntos», y según indica el diccionario remite a un entorno físico o a una situación determinada, ya sea política, histórica, cultural o de cualquier otra índole, en la cual se considera un hecho. Para analizar el contexto nos hemos basado en el trabajo de Gilbert (2006), ejemplificado específicamente alrededor de la química, y del que se rescatan

tres modelos importantes que son claramente diferenciados entre sí:

Modelo 1. El contexto como la aplicación directa de los conceptos, es decir, como ejemplos. En términos prácticos, un plan de estudios basado en este modelo consiste en situaciones o acontecimientos extraídas de la presunta vida cotidiana, personal y/o social de los estudiantes y/o de las actividades industriales en las que los conceptos de las ciencias, que se enseñan como abstracciones, entonces se aplican con el fin de que los estudiantes puedan comprenderlos más plenamente.

Modelo 2. El contexto como la reciprocidad entre conceptos y aplicaciones. En este modelo, no solo son conceptos relacionados con sus aplicaciones, sino que también estas aplicaciones afectan el significado atribuido a los conceptos. El contexto está formado por la yuxtaposición del concepto y su aplicación en la estructura cognitiva de los estudiantes. El significado es creado por la adquisición de los aspectos relevantes de la estructura del conocimiento científico.

Este mayor grado de reciprocidad en la relación entre conceptos y aplicaciones está parcialmente inferido en la amplia definición de los contenidos que se utilizan en el movimiento la ciencia-tecnología-sociedad (CTS). Los contenidos en un plan de estudios de educación científica CTS se componen de la interacción entre la ciencia y la tecnología, o entre la ciencia y la sociedad, o cualquiera otra de las siguientes combinaciones.

Modelo 3. El contexto como las circunstancias sociales. En esta perspectiva, la dimensión social de un contexto es esencial. Un contexto está situado como una entidad cultural en la sociedad. Se relaciona con los temas y las actividades de las personas que se consideran de importancia para su vida y de las comunidades dentro de la sociedad. Un contexto así puede ser, por ejemplo, el desarrollo tecnológico basado en la modificación genética. Otros ejemplos son las novedades relacionadas con el cambio climático global, la comida 'saludable', las energías limpias, entre otros.

Tabla 4 Resumen del análisis curricular

Contenidos-secuencia	Ejes			
	NC	C	AP	E
SEP-Dirección General de Bachillerato				
<i>Química I</i>				
I. Reconoces a la química como una herramienta para la vida	-	1	1, 2, 3a	1, 2, 3
II. Comprendes la interrelación de la materia y la energía	-	1	1, 2, 3a	2, 3
III. Explicas el modelo atómico actual y sus aplicaciones	-	2	1, 3a	2, 3
IV. Interpretas la tabla periódica	-	2	1, 2, 3a	2, 3
V. Interpretas enlaces químicos e interacciones intermoleculares	-	2	1, 2, 3a	2, 3
VI. Manejas la nomenclatura química inorgánica	-	1	1, 2, 3a	2, 3
VII. Representas y operas reacciones químicas	-	2	1, 3a	2, 3
VIII. Comprendes los procesos asociados con el calor y la velocidad de las reacciones químicas	-	2	1, 2, 3a	2, 3
<i>Química II</i>				
I. Aplicas la noción de mol en la cuantificación de procesos químicos de tu entorno	-	2	1, 2, 3a	1, 2, 3
II. Actúas para disminuir la contaminación del aire, del agua y del suelo	-	2	1, 2, 3a	1, 2, 3
III. Comprendes la utilidad de los sistemas dispersos	-	2	1, 2, 3a	1, 2, 3
IV. Valoras la importancia de los compuestos del carbono en tu entorno y en tu vida diaria	-	2	1, 2	1, 2, 3
V. Identificas la importancia de las macromoléculas naturales y sintéticas	-	2	1, 2, 3a	1, 2, 3
SEP-Dirección General de Bachillerato Tecnológico				
<i>Química 1</i>				
Materias y energía	-	1	1,2	1,2,3
<i>Química 2</i>				
Materia y energía	-	1	1,2	1,2,3
UNAM-Escuela Nacional Preparatoria				
<i>Química III</i>				
I. La energía, la materia y el cambio	-	1	1, 2, 3a	1
II. Aire, intangible pero vital	-	2	1, 2	-
III. Agua. ¿De dónde, para qué y de quién?	-	1	1, 2	-
IV. Corteza terrestre, fuente de materiales	-	2	1, 2, 3a	-
V. Alimentos, combustible para la vida	-	1	1, 2, 3a	-
UNAM-Colegio de Ciencias y Humanidades				
<i>Química I</i>				
I. Agua, compuesto indispensable	-	2	1, 2, 3a	-
II. Oxígeno, componente activo del aire	-	2	1, 2, 3a	-
<i>Química II</i>				
I. Suelo, fuente de nutrientes para las plantas	-	2	1, 2, 3a	-
II. Alimentos, proveedores de sustancias esenciales para la vida	-	2	1, 2, 3a	-
III. Medicamentos, productos químicos para la salud	-	2	1, 2, 3a	-
CONALEP				
<i>Análisis de la materia y la energía</i>				
1. Determinación del comportamiento de la materia y la energía de compuestos inorgánicos	-	1	1	3
2. Obtención del balance de masas y de energía calorífica	-	1	1	3
3. Diferenciación de los compuestos del carbono y derivados	-	1	1, 3a	3
<i>Descripción de la relación entre compuestos orgánicos y el entorno</i>				
1. Aplica las ventajas y desventajas del uso de los compuestos del carbono en su entorno	-	2	1, 2, 3a	3
2. Uso de la química orgánica en los ámbitos industrial, doméstico y social	-	2	1, 3a	3
3. Identifica los contaminantes químico-orgánicos	-	2	1, 3a	3

Este modelo permite incluir fácilmente la noción de interculturalidad o de pluralismo epistémico en el que se valora tanto la racionalidad como la razonabilidad. La primera responde a lo universal, abstracto, atemporal, necesario y unívoco, mientras que la segunda a lo particular, concreto, presente contingente y diverso (Chamizo, 2013). Como lo han indicado Coborn y Loving (2001, p. 64) en su investigación sobre la enseñanza de las ciencias:

De este modo, lo que valoramos es el mejor pensamiento para una situación dada y la sabiduría para cambiar la manera de pensar cuando las situaciones cambian. Abogamos por el pluralismo epistemológico y la capacidad de discriminar sabiamente entre reivindicaciones opuestas...privilegiar 'qué conocimiento es más valioso' en la clase de ciencias no es lo mismo que negar el valor de otras formas de conocimiento. De lo que se trata aquí es que el aprendizaje del conocimiento científico debe ser el apropiado, sobre otros dominios de conocimiento, porque es el mejor conocimiento disponible para la situación particular.

Respecto a los programas en cuestión, en el caso de la DBG queda claro que se trata fundamentalmente de un contexto modelo 1, es decir, la aplicación directa de los conocimientos o conceptos adquiridos a algún ejemplo. En algunos casos, aunque se pretende un enfoque CTS, este queda muy ambiguo; por ejemplo, se plantea: «Realizar un proyecto de investigación acerca de alguna actividad industrial, artesanal, gastronómica, entre otras, que se realice en su comunidad, región, país u otros países que sea de su interés» (SEP, 2013a, p.19). Este tipo de declaración nos ubicaría en un contexto modelo 2, sin embargo queda a criterio del profesor la realización o no de esta actividad.

En la DGTI se trata de la «aplicación directa de los conceptos», es decir, contexto modelo 1, que no considera intereses particulares de los estudiantes o su propia cultura. Lo mismo pasa en la ENP: contexto modelo 1; solo en algunos temas se pretende hacer una contextualización de modelo 2, apelando a cuestiones locales de México (por ejemplo, escasamente se proponen el análisis de la contaminación en la Ciudad de México o las fuentes de energía alternativas viables en el país).

En el CCH, la contextualización en química es de modelo 2, ya que se apela a un enfoque CTS: al final de las unidades se plantea la aplicación de los conceptos adquiridos planteando alguna investigación documental relacionada con problemáticas de la Ciudad de México, como la contaminación. De la misma manera, en la tercera unidad del programa se propone hacer una contextualización en la cual se parte del estudio de medicamentos y enfermedades para aplicar los conocimientos adquiridos previamente.

En el CONALEP es posible identificar algunos indicios de contextualización cuando se pide como actividad de evaluación: «Elabora un informe ilustrado sobre empresas donde se utilicen o sinteticen productos derivados de compuestos inorgánicos» (SEP, 2013d, p. 17). Sin embargo, no es posible saber en qué momento se realiza este informe y cuál es su objetivo didáctico, por lo que tampoco se puede establecer algún tipo de contextualización.

Actividades prácticas

Las actividades prácticas son los referentes fenomenológicos indispensables para que los estudiantes interaccionen con los procesos o fenómenos naturales y para que, a través de esto, desarrollem los procesos cognoscitivos complejos, que les lleven a conformar sus representaciones y conceptualizaciones, con las que hagan posible el aprendizaje de los conceptos científicos. De un intenso debate alrededor de su uso en las aulas (Izquierdo, Sanmartí y Espinet, 1999; Psillos y Niedderer, 2002; Caamaño, 2003; Cooper y Kerns, 2006; Abrahams y Millar, 2008; Hernández, 2012; Nieto y Chamizo, 2013) ha surgido un limitado acuerdo sobre los objetivos fundamentales que se persiguen al realizarlo y que aparecen como centrales en la enseñanza de las ciencias. Dichos objetivos se concretan en otras tantas actividades y son:

Ejercicios prácticos: diseñados para desarrollar técnicas y destrezas específicas (prácticas, intelectuales o de comunicación) o para realizar experimentos que ilustren o corroboren la teoría. A pesar de su valor educativo restringido, representan para muchos docentes el paradigma de la enseñanza experimental: medir, clasificar y utilizar pruebas de ensayo para identificar diversos materiales, entre otras actividades.

Experiencias: proponen que los alumnos tomen conciencia de determinados fenómenos del mundo, ya sean naturales o artificiales. Pueden ser experimentos ilustrativos, que expliquen un principio, una relación entre variables. Las experiencias buscan que los estudiantes tomen conciencia de los fenómenos; pueden ser realizadas por el profesor en lo que se conoce como experiencias de cátedra o por los propios alumnos.

Investigaciones: en las que los estudiantes deben resolver un problema. El trabajo práctico de investigación (que podría también llamarse de indagación) es aquel que más se parece a la propia investigación científica. Una primera división de esta actividad consiste en identificar aquellas investigaciones que son documentales de las que son propiamente experimentales.

Para la investigación que nos ocupa, diremos que para la DGB, en la mayoría de los bloques se realizan actividades prácticas «sencillas» con «materiales caseros» para ilustrar algunos conceptos. Las actividades son en su mayoría de resolución de ejercicios, elaboración de tablas y listados, e investigaciones bibliográficas. En la DGTI, solo se proponen ejercicios, experiencias, y no hay ninguna alusión a la realización de algún tipo de investigación y menos aún de proyectos.

En el caso de la ENP, a lo largo de los programas se proponen diversas estrategias que incluyen la realización de ejercicios, experiencias e investigaciones breves solo de tipo bibliográfico. En el CCH se propone la elaboración de ejercicios, experimentos que deben ser diseñados por los estudiantes e investigaciones documentales. Aquí vale la pena recordar las palabras del profesor emérito de la UNAM, Francisco Giral (1969):

En cuanto a la enseñanza de la química, el engaño mayor en que se puede incurrir es el de creer que se puede aprender química en el pizarrón o en el papel sin la experimentación correspondiente. Mientras no se tenga

una conciencia clara, por parte de todos, de que la química se aprende manejando experimentalmente las sustancias químicas será muy difícil progresar en serio. Esa manipulación experimental debe ir combinada con el estudio teórico en la mayor armonía posible, y debe quedar perfectamente claro, sin que ninguno nos llamemos a engaño, que solo con lecciones teóricas no se puede enseñar química.

La ficción mayor y de más trágicas consecuencias, en cuanto a la enseñanza de la química, consiste en hacer creer al público, a los docentes y a los estudiantes que se da una enseñanza gratuita o muy barata cuando no se gasta lo que hace falta gastar para costear una adecuada enseñanza experimental. Semejante ficción solo tiene su complemento en el engaño que suelen hacer los docentes a los administradores públicos, aceptando que enseñan química en forma gratuita o barata, porque hacen una enseñanza teórica —barata— con una muy deficiente enseñanza experimental —costosa—; la enseñanza que así se ofrezca será gratuita o barata, pero no será enseñanza.

En el CONALEP solo fue posible identificar ejercicios e investigaciones documentales. Por ejemplo, se propone la realización de un «proyecto escolar o de aplicación en el hogar» que implica, al menos, una investigación documental, pero no se enfatiza en la realización de experimentos.

Evaluación

Este tema ha sido discutido y frecuentemente olvidado en la construcción del currículo una vez que obliga a tomar posturas claras alrededor del mismo, particularmente a los docentes (Turpo-Gebera, 2013). Por ello es importante recordar la propuesta de Gil y Martínez (2005, p. 171) sobre este asunto:

Si realmente se quiere hacer de la evaluación un instrumento de seguimiento y mejora del proceso, es preciso no olvidar que se trata de una actividad colectiva, en la que el papel del profesor y el funcionamiento de la escuela constituyen factores determinantes. La evaluación ha de permitir, pues, incidir en los comportamientos y actitudes del profesorado. Ello supone que los estudiantes tengan ocasión de discutir aspectos como el ritmo que el profesor imprime al trabajo, o la manera de dirigirse a ellos. Y es preciso evaluar también el propio currículo, con vistas a ajustarlo a lo que puede ser trabajado con interés y provecho por los alumnos y las alumnas. De esta forma, los estudiantes aceptarán mucho mejor la necesidad de la evaluación, que aparecerá realmente como un instrumento de mejora de la actividad colectiva.

En la literatura especializada, se reportan diversos tipos de evaluación: diagnóstica, formativa, formadora y sumativa, entre otras.

En el análisis, encontramos que en los programas de la DGB se plantea para diversos temas el reconocimiento de las ideas previas, y a lo largo de la descripción se propone el uso de diversos instrumentos de evaluación que —dependiendo de cómo sean usados por el docente— podrían conducir a evaluaciones de tipo formativo y sumativo. En la DGTI,

claramente se establece que habrán de considerarse los tres tipos de evaluación: diagnóstica, formativa y sumativa. Asimismo, se proponen la autoevaluación, la coevaluación y la heteroevaluación.

El programa de la ENP, únicamente se indica una «propuesta general de acreditación», pero no se hace alusión alguna al tipo de evaluación que ha de seguirse. Por otro lado, sobre la evaluación en el CCH solo podemos decir que al inicio de los programas se establece que: «El carácter integrador de los aprendizajes propuestos obliga a que la evaluación atienda a los procesos de manera continua que contemple las tres modalidades de evaluación, inicial o diagnóstica, formativa y sumativa» (UNAM, 2003, p. 10). Sin embargo, a lo largo de la descripción de los mismos, no se hacen propuestas específicas de cómo evaluar, ni se plantea el uso de instrumentos que permitan llevar a cabo estas evaluaciones.

Los programas del CONALEP no hacen referencia específica a algún tipo de evaluación en los términos aquí considerados. Sin embargo, en cada uno de los temas de las unidades de aprendizaje se propone una actividad de evaluación específica, lo que nos lleva a considerar que se trata de una evaluación sumativa y, quizás, formativa (depende de cómo sean consideradas estas actividades por los profesores).

Conclusiones

En términos generales, podemos decir que los programas de la DGB, la ENP y el CCH son muy similares en cuanto a contenidos y secuenciación relacionados con la disciplina, es decir, de una manera u otra reflejan fielmente el paradigma dominante de la química escolar. Quizás, la principal diferencia entre los programas se refiera a la contextualización que se da para cada tema; por ejemplo, en el CCH, hay una clara intención de aplicar los contenidos en temas de investigación como los medicamentos o las enfermedades, mientras que en otros casos la contextualización es muy pobre (modelo 1) y solo se hace una aplicación directa del contenido.

Respecto a los aspectos relacionados con la naturaleza de la ciencia, no queda explícita la filosofía detrás de cada uno de los programas (salvo en el de la DGB y el método científico), pues se describe muy poco o nada a lo largo del programa. Esta carencia confunde las diferencias entre ciencia y tecnología, el quehacer científico, así como la situación de nuestro país en el desarrollo de estas disciplinas.

Por otro lado, en todos los programas las actividades prácticas parecen tener poca importancia. Su incorporación no es del todo explícita y menos aún obligatoria en una disciplina que lo amerita: no queda claro cuántas se realizan, no se sabe para qué se hacen y, menos aún, cómo se evalúan. Respecto a la evaluación, aunque todos los programas hacen alguna referencia a la misma, no parece ser un tema plenamente resuelto, quedando a criterio y decisión plena del profesor, sin establecer alguna guía o criterio para hacerlo.

Como podemos observar, existe en el bachillerato mexicano un grave problema de congruencia sobre el propósito que debe tener este nivel educativo. El currículo de química, al apegarse tanto a la estructura sustantiva paradigmática, pareciera que pretende que los estudiantes de este nivel

sigan carreras relacionadas con esta disciplina: tantos contenidos y con tal nivel de profundidad indican que se apela únicamente a la calidad propedéutica del bachillerato, pero se deja de lado un aspecto importante, la alfabetización en ciencias (Chassot, 2003; Holbrook y Rannikmae, 2007; Hodson, 2008; Dillon, 2009; Norris, Philips y Burns, 2014) No es un misterio que un porcentaje menor de los egresados del bachillerato ingresan a la licenciatura y, de entre ellos, menor aún es el número de los que van a un área de ciencias «duras», por lo tanto, con tal interés en abordar una gran cantidad de contenidos disciplinarios se está perdiendo la oportunidad de que los estudiantes reflexionen sobre otras cuestiones importantes como la naturaleza o la historia de la ciencia, de que se desarrollen habilidades para experimentar, indagar o argumentar (que implican una gran cantidad de tiempo invertido en el aula), y de que tengan un conocimiento teórico contextualizado que les permita no solo comprender mejor, sino también aplicar lo aprendido independientemente de si se tienen o no estudios superiores.

Después de este breve análisis, al currículo escolar nos queda claro que es necesaria una reestructuración, pero sobre todo, un replanteamiento de los propósitos del bachillerato a partir de responder a preguntas como: ¿qué nivel de educación queremos para los ciudadanos?, ¿qué objetivos de desarrollo tenemos como nación?

Conflictos de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Referencias

- Abrahams, I. y Millar, R. (2008). Does practical work really work? *A study of the effectiveness of practical work as a teaching and learning method in school science*. *International Journal of Science Education*, 30, 1945–1969.
- Amador-Bedolla, C. (2013). Durabilidad humana y la educación química. *Educación Química*, 24, 193–198.
- Burden, J. (2005). Ciencia para el siglo XXI: un nuevo proyecto de ciencias para la educación secundaria en el Reino Unido. *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 46, 46.
- Caamaño, A. (2003). Los trabajos prácticos en ciencias. En M. P. Jiménez Aleixandre (Ed.), *Enseñar ciencias*. Barcelona: Grao.
- Caamaño, A. y Izquierdo, M. (2003). El currículo de química del bachillerato en Cataluña: todavía muy lejos de una química contextualizada. *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 36, 60–67.
- Caamaño, A. (2006). *Repensar el currículum de química en el bachillerato*. Barcelona: Primera Trobada de professors de Química de la Universitat de Barcelona i professors de química de batxillerat.
- Chamizo, J. A. y Pérez, Y. (enviado para su publicación). Hacia la reconstrucción del currículo escolar: propuesta para el análisis curricular de ciencias naturales, Perfiles Educativos.
- Chamizo J. A. y Pérez Y. (enviado para su publicación) Sobre la Enseñanza de las Ciencias Naturales.
- Chamizo, J. A. (2011). La imagen pública de la química. *Educación Química*, 22, 320–331.
- Chamizo, J. A., Castillo, D. y Pacheco, I. (2012). La Naturaleza de la Química. *Educación Química*, 23, 298–304.
- Chamizo, J. A. (2013). De la paradoja a la metáfora. *La enseñanza de la química a partir de sus modelos*. Siglo XXI-Facultad de Química-UNAM.
- Clough, M. (2007) Teaching the Nature of Science to Secondary and Post-Secondary Students: Questions rather than tenets, *The Pananeto Forum*. 25. Una versión electrónica de este artículo fue consultada por última vez en abril 15, 2014, recuperado de: <http://www.pantaneto.co.uk/issue25/clough.htm>.
- Coburn, W. W. y Loving, C. C. (2000). Defining 'science' in a multicultural world: Implications for science education. *Science Education*, 85, 50–67.
- Cooper, M. y Kerns, T. (2006). The effect of the laboratory course on student's achievements and perceptions: Qualitative and quantitative aspects. *Journal of Chemical Education*, 83(9), 1356.
- Chassot, A. (2003). *Alfabetização científica. Questões e desafios para a educação*. Rio Grande do Sul: Editorial Unijuí.
- Delors, J. (1996). *La educación encierra un tesoro*. París: Santillana. Ediciones UNESCO.
- Diario Oficial de la Federación, ACUERDO número 442 por el que se establece el Sistema Nacional de Bachillerato en un marco de diversidad, 26/09/2008 [consultado 09 Jul 2015]. Disponible en: http://www.sems.gob.mx/work/models/sems/Resource/10905/1/images/Acuerdo_numero_442_establece_SN.pdf
- Diario Oficial de la Federación, Decreto por el que se declara reformado el párrafo primero; el inciso c) de la fracción II y la fracción V del artículo 3º., y la fracción I del artículo 31 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, 9/02/2012 [consultado 09 Jul 2015]. Disponible en: http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5233070&fecha=09/02/2012
- Dillon, J. (2009). On scientific literacy and curriculum reform. *International Journal of Environmental & Science Education*, 4(3), 201–213.
- Garritz, A., Vilches, A. y Gil Pérez, D. (2014). Una revolución científica a la que Educación Química quiere contribuir. *Educación Química*, 25(3), 290–291.
- Gil, D. y Martínez, J. (2005). ¿Para qué y cómo evaluar? La evaluación como instrumento de regulación y mejora del proceso de enseñanza aprendizaje. En A. Machado (Ed.), *¿Cómo promover interés por la cultura científica*. Santiago: UNESCO.
- Gilbert, J. (2006). On the nature of 'Context' in Chemical Education. *International Journal of Science Education*, 28, 957–976.
- Giral, F. (1969). *Enseñanza de la química experimental*. Monografías 6. Washington: Organización de Estados Americanos.
- Hernández, G. (2012). Enseñanza experimental. ¿Cómo y para qué? *Educación Química*, 23(Núm. Extraord. 1), 92–95.
- Hodson, D. (2008). *Towards scientific literacy: A teachers' guide to the history, philosophy and sociology of science*. Rotterdam: Sense Publishers.
- Holman, J. (2002). What does it mean to be chemically literate? *Education in Chemistry*, 39, 12–14.
- Holbrook, J. y Rannikmae, R. (2007). The nature of science education for enhancing scientific literacy. *International Journal of Science Education*, 29(11), 1347–1362.
- Instituto Nacional para la Evaluación de la Educación, INEE (2013), *Panorama Educativo de México 2012. Indicadores del Sistema Educativo Nacional, Educación Básica y Media superior*, México.
- Instituto Nacional para la Evaluación de la Educación (INEE), Estructura y Dimensión de Sistema Educativo Nacional (Ciclo escolar 2013-2014), s/f [consultado 13 Dic 2015]. Disponible en: <http://www.inee.edu.mx/index.php/bases-de-datos/banco-de-indicadores-educativos>
- Izquierdo, M. (2005). Hacia una teoría de los contenidos escolares. *Enseñanza de las Ciencias*, 23(1), 111–122.
- Izquierdo, M., Sanmartí, N. y Espinet, M. (1999). Fundamentación y diseño de las prácticas escolares de ciencias experimentales. *Enseñanza de las Ciencias*, 17, 45–59.
- Kuhn, T. (1963). The function of dogma in scientific research''. En A. C. Crombie (Ed.), *Scientific Change*. Londres: Heineman.
- Kuhn, T. (1971). *La estructura de las revoluciones científicas*. México: Fondo de Cultura Económica.

- Lederman, N., Abd-el-Khalick, F., Bell, R. L. y Schwartz, R. S. (2002). *Views of nature of science questionnaire: Towards valid and meaningful assessment of learners' conceptions of the nature of science*. *Journal of Research in Science Teaching*, 39, 497–521.
- Lederman, N. (2007). *Nature of science: Past, present, and future*. En S. K. Abell y N. G. Lederman (Eds.), *Handbook of research on science education*. Mahwah: Lawrence Erlbaum Associates.
- Mestres, R. (2013). Química sostenible: Naturaleza, fines y ámbito. *Educación Química*, 24(Suppl. 1.), 103–112.
- Millar, R. y Osborne, J. (1998). *Beyond 2000: Science education for the future*. Londón: King's College.
- Monk, M. y Osborne, J. (1997). *Placing the history and philosophy of science on the curriculum: A model for the development of pedagogy, history and philosophy of science*. pp. 405–424. John Wiley & Sons, Inc [consultado 13 Dic 2014]. Disponible en: http://www.csun.edu/~kdm78513/coursework/625_assignments/documents/philoscience.pdf
- Nieto, E. y Chamizo, J. A. (2013). *La enseñanza experimental de la Química. Las experiencias de la UNAM*. México: Facultad de Química-UNAM.
- Norris, S. P., Philips, L. M. y Burns, D. (2014). *Conceptions of scientific literacy: Identifying and evaluating their programmatic elements*. En M. Matthews (Ed.), *International handbook of research in history, philosophy and science teaching* (pp. 1317–1344). Dordrecht: Springer.
- Padilla, K. (2012). La indagación y resolución de problemas, un área emergente en la educación química. *Educación Química*, 23, 412–414.
- Posner, G. (2005). *Análisis del currículo*. México: MacGraw Hill.
- Pozo, J. I. (1997). La crisis de la educación científica, ¿volver a lo básico o volver al constructivismo? *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 14, 91–104.
- Psillos, D., y Niedderer, H. (Eds.). (2002). *Teaching and learning in the science laboratory*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Quilez, J. (2005). Bases para una propuesta de tratamiento de las interacciones CTS dentro de un currículum cerrado de química de bachillerato. *Educación Química*, 16(3), 416–436.
- Robson, C. (2002). *Real world research. A resource for social scientists and practitioner researchers*. Oxford: Blackwell Publishers.
- Rodríguez A. (8 de febrero de 2012). Decreta Calderón bachillerato obligatorio... aunque sin escuelas. Proceso [consultado 5 Feb 2013]. Disponible en: <http://www.proceso.com.mx/?p=297757>
- Secretaría de Educación Pública, Química I. (Programas de estudio, DGB), 2013a [consultado 20 May 2015]. Disponible en: http://www.dgb.sep.gob.mx/02-m1/03-iacademica/01-programasdeestudio/1er_SEMESTRE/Quimica_I.biblio2014.pdf
- Secretaría de Educación Pública, Química II. (Programas de estudio, DGB), 2013b. [consultado 20 May 2015]. Disponible en: http://www.dgb.sep.gob.mx/02-m1/03-iacademica/01-programasdeestudio/2do_SEMESTRE/Quimica_II.biblio2014.pdf
- Secretaría de Educación Pública, Programa de estudios de Química. (342201-13FB, DGETI), 2013c. [consultado 20 May 2015]. Disponible en: http://dgeti.sep.gob.mx/images/multimediaDGETI/archivosPdf/planesyprogramas/Programas653/Quimica_Acordo-653_2013.pdf
- Secretaría de Educación Pública, Programa de Estudios del Módulo: Análisis de la materia y energía. (AMAE-03, CONALEP), 2013d [consultado 16 Jun 2015]. Disponible en: http://izta.webscindario.com/tercer_semestre/Basica/4-An%C3%A1lisis-de-la-materia-y-la-energ%C3%ADa%2003.pdf
- Sevian, H., Ngai, C., Szteinberg, G., Brenes, P. y Arce, H. (2015). *Concepción de la identidad química en estudiantes y profesores de química: Parte I – La identidad química como base del concepto macroscópico de sustancia*. *Educación Química*, 26(1), 13–20.
- Talanquer, V. (2013). *Progresiones de aprendizaje: promesa y potencial*. *Educación Química*, 24(4), 362–364.
- Turpo-Gebera, O. (2013). Posicionamiento de los docentes de ciencias en la evaluación de los aprendizajes: una aproximación a sus subjetividades. *Educación Química*, 24(2), 230–236.
- Universidad Nacional Autónoma de México, Programas de Estudio de Química I a IV. (CCH), 2003 [consultado 20 May 2015]. Disponible en: http://www.cch.unam.mx/sites/default/files/plan_estudio/mapa_quimica.pdf
- Universidad Nacional Autónoma de México, Programa de estudio de la asignatura de Química III. (ENP), 1996 [consultado 20 May 2015]. Disponible en: <http://enp.unam.mx/planesdeestudio/quinto/1501.pdf>
- Van Berkel, B., de Vos, W. y Pilot, A. (2000). *Normal science education and its dangers*. *Science & Education*, 9, 123–159.
- Zoller, U. (2013). Science, technology, environment, society (STES) literacy for sustainability: What should it take in chem/science education? *Educación Química*, 24(2), 207–214.