



**CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y DE ESTUDIOS AVANZADOS  
DEL INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL**

**UNIDAD ZACATENCO**

**PROGRAMA DE DESARROLLO CIENTÍFICO Y TECNOLÓGICO PARA LA  
SOCIEDAD**

**“La educación química en México.  
Un estudio para el nivel medio y medio superior”**

**TESIS**

**que presenta**

**Yosajandi Pérez Campillo**

**Para obtener el grado  
DOCTORA EN CIENCIAS**

**EN  
DESARROLLO CIENTÍFICO Y TECNOLÓGICO  
PARA LA SOCIEDAD**

**Directores de tesis:**

**Dr. Rafael Baquero Parra      Dr. José Antonio Chamizo Guerrero**

**Ciudad de México, Febrero 2017**

## CONTENIDO

	Pág.
Lista de siglas y acrónimos.....	2
Resumen .....	4
Summary .....	5
Introducción .....	6
<b>PRIMERA PARTE. ANÁLISIS CURRICULAR EN EL NIVEL MEDIO Y MEDIO SUPERIOR .....</b>	
<b>1. La enseñanza de la química en México para los niveles preuniversitarios....</b>	12
2.1 Estructura general del Sistema Educativo .....	21
2.2 Resultados de la evaluación educativa .....	24
<b>2. Análisis de los programas de estudio.....</b>	30
3.1 Marco de referencia .....	30
3.2 Metodología .....	42
3.3 Resultados de la revisión curricular .....	45
2.3.1.La química en el nivel medio: Programa de Ciencias 3 (SEP) .....	45
3.3.2 La química en el nivel medio superior (selección) .....	63
<b>SEGUNDA PARTE. ANÁLISIS DE LA DIVULGACIÓN DE LA QUÍMICA</b>	
<b>3. Introducción .....</b>	100
<b>4. Textos de divulgación .....</b>	102
5.1 Revistas .....	103
5.2 Libros .....	112
<b>5. Televisión .....</b>	117
<b>6. Museos y centros de ciencias .....</b>	125
7.1 Metodología .....	128
7.2 Resultados .....	134
7.3 Análisis de resultados .....	158
<b>CONCLUSIONES .....</b>	163
<b>REFERENCIAS .....</b>	186
<b>ANEXOS .....</b>	205

## LISTA DE SIGLAS Y ACRÓNIMOS

AMC	Academia Mexicana de Ciencias, A. C.
BIC	Bachillerato Integral Comunitario
BINTERCULTURAL	Bachillerato Intercultural
BUAP	Benemérita Universidad Autónoma de Puebla
CBTA	Centro de Bachillerato Tecnológico Agropecuario
CBTF	Centro de Bachillerato Tecnológico Forestal
CBTIS	Centro de Bachillerato Tecnológico Industrial y de Servicios
CCH	Colegio de Ciencias y Humanidades (UNAM)
CEB	Centros de Estudios de Bachillerato
CECyT	Centro de Estudios Científicos y Tecnológicos (IPN)
CECYTE	Colegio de Estudios Científicos y Tecnológicos (DGETI)
CEDART	Centro de Educación Artística
CET	Centro de Estudios Técnicos (Técnico Medio Estatal)
CET IPN	Centro de Estudios Tecnológicos (IPN)
CETAC	Centro de Estudios Tecnológicos en Aguas Continentales
CETI	Centro de Enseñanza Técnica Industrial
CETIS	Centro de Estudios Tecnológicos Industrial y de Servicios
CETMAR	Centro Tecnológico del Mar
CINVESTAV	Centro de Investigación y de Estudios Avanzados
COBACH	Colegio de Bachilleres
COLBACH	Colegio de Bachilleres, Ciudad de México
COMECYT	Consejo Mexiquense de Ciencia y Tecnología
CONALEP	Colegio Nacional de Educación Profesional Técnica
CONCYTEY	Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Yucatán
DGB	Dirección General del Bachillerato
DGDC	Dirección General de Divulgación de la Ciencia (UNAM)
DGECyTM	Dirección General de Educación en Ciencia y Tecnología del Mar
DGETA	Dirección General de Educación Tecnológica Agropecuaria
DGETI	Dirección General de Educación Tecnológica Industrial
DOF	Diario Oficial de la Federación
EMS	Educación Media Superior
EMSAD	Educación Media Superior a Distancia
ENLACE	Evaluación Nacional del Logro Académico en Centros Escolares
ENP	Escuela Nacional Preparatoria (UNAM)

EXCALE	Exámenes de la Calidad y Logro Educativos
INBA	Instituto Nacional de Bellas Artes
INEE	Instituto Nacional para la Evaluación de la Educación
IPN	Instituto Politécnico Nacional
MCC	Marco Curricular Común
OCDE	Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos
PISA	Programa para la Evaluación Internacional de los Estudiantes (Programme for International Student Assessment)
PLANEA	Plan Nacional para la Evaluación de los Aprendizajes
PREFECO	Preparatoria Federal por Cooperación
RIEB	Reforma Integral de la Educación Básica
RIEMS	Reforma Integral de la Educación Media Superior
SAGARPA	Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación
SEDENA	Secretaría de la Defensa Nacional
SEMAR	Secretaría de Marina Armada de México
SEMS	Subsecretaría de Educación Media Superior
SEP	Secretaría de Educación Pública
SNB	Sistema Nacional de Bachillerato
TELEBACH	Telebachillerato
TIC	Tecnologías de la Información y la Comunicación
UAA	Universidad Autónoma de Aguascalientes
UAM	Universidad Autónoma de México
UNAM	Universidad Nacional Autónoma de México
UTM	Universidad Autónoma de la Mixteca

## RESUMEN

A partir de los resultados de la evaluación educativa que hemos tenido en México en los últimos años, es que surge la necesidad de indagar qué es lo que ocurre con la educación en ciencias en nuestro país, específicamente, pensando en que la población de hoy día, requiere –quizá más que nunca- estar alfabetizado en ciencias, es decir, comprender el qué, cómo y para qué de las ciencias. Dada la envergadura del reto, en el presente trabajo se aborda, exclusivamente, un estudio sobre la educación química en los niveles medio y medio superior, a fin de tener un panorama más o menos general sobre la situación de nuestro país sobre esta disciplina y en los niveles educativos que alcanza la mayoría de la población mexicana.

El estudio comprende dos ámbitos: la educación formal, es decir, el currículo oficial que se imparte de manera generalizada en las aulas y la educación informal que comprende los diversos medios de la divulgación en ciencias. En el caso de la educación formal, para la educación secundaria (nivel medio) se sometió a análisis el programa de *Ciencias 3y* para el bachillerato, dada la complejidad de este nivel en el Sistema educativo mexicano, se optó por hacer una selección de diversos subsistemas, a fin de incluir a la mayor parte de la población de este nivel, en el que se incluyen los programas de: la Dirección General de Bachillerato, la Dirección General de Educación Tecnológica Industrial, y los dos subsistemas de la UNAM, Escuela Nacional Preparatoria y Escuela Nacional Colegio de Ciencias y Humanidades. Para este análisis se propone la revisión curricular a través de seis ejes, elegidos a partir de la revisión de los resultados de la investigación educativa en ciencias a nivel internacional, a saber: Estructura sustantiva paradigmática, Estructura sustantiva, Naturaleza de las ciencias, Contexto, Trabajos prácticos y Evaluación.

En cuanto a la educación informal, se hace una breve revisión de diversos medios de divulgación, tales como: las revistas, los libros, la televisión y los museos de ciencias, con especial atención a estos últimos. Para este análisis se hizo una selección y recorrido por varios museos de la República Mexicana, así como varios extranjeros tanto europeos (Reino Unido, Francia, España, etc.) como de Estados Unidos. El estudio consiste en el análisis del contenido relacionado con la química, en comparación con otras disciplinas científicas. En el caso de los museos, se hace una revisión más profunda sobre el qué y cómo se muestra la disciplina.

A partir de los resultados que, en términos generales, indican que en México, la química es una de las disciplinas de poca importancia en términos de divulgación y cuya enseñanza es más bien del tipo tradicional y memorístico, es que se proponen algunas líneas de acción que coadyuven a la modificación de la educación química, pero que –eventualmente- podrían tener impacto en la educación de las ciencias en general, repercutiendo, tarde o temprano, en una mejora de la alfabetización en ciencias de un pueblo que requiere con urgencia, nuevas maneras de mirar el mundo.

## ABSTRACT

Since the educational evaluation results obtained by Mexico in the last years, one obligated question aroused: what happened with the Mexican education in sciences? If one only considers the young student population of today, one of the answers is that it is required - perhaps more than ever - to be literate in science. But, before giving an answer in advance, it is necessary to understand the “what”, the “how” and the “what for” of the sciences education. Therefore, in face of such big challenge, the present thesis work deals only with the chemical education in the middle and the upper middle Mexican school educational levels. The goal is to provide an overview of the actual situation about these educational school levels in terms of the chemistry as a scientific discipline. As well to contribute in explaining the general educational scenario where the majority of the Mexican population attains.

This research study comprised two parts: firstly the *formal education*, i.e., the official curriculum widely taught in school’s classrooms, and secondly, the so-called *informal education* that combines different issues for the educational diffusion of science. In the case of formal education, it was first analyzed the study program “Ciencias 3” (corresponding to Chemistry courses taught in the third school grade of secondary school (middle level). Then, for the analysis of the high school (baccalaureate), given the complexity of this level in the Mexican Educational System, it was decided to make a selection of different subsystems in order to include the majority of the student population of this level. The educational programs involved were: the Dirección General de Bachillerato, the Dirección General de Educación Tecnológica Industrial, and the two subsystems of the Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM): Escuela Nacional Preparatoria y Escuela Nacional Colegio de Ciencias y Humanidades. For this research analysis it was carried out the curricular revision through the following six axes: paradigmatic substantive structure, substantive structure, nature of sciences, context, practical works, and evaluation, all of which were selected after the scrutiny of the Educational Research Evaluations in Science undertaken at the international level. As far as the informal education concerns, there was carried out a review of various media types, such as magazines, books, television broadcasts, and science museums, with particular attention to the latter.

Central to the discussion has been the interplay between the content analysis first regarding the importance given to chemistry as a science, second, considerations about teaching strategies and policy of educational programs, and third, the weight given in devising educative strategies in comparison to other scientific disciplines. In the case of museums, a deeper examination was made concerning the way in which the science of chemistry is revealed and what parts of it were selected to be presented to the visiting public. This was a very important subject due to the impact it has on the students and the reason to visit and to search for relevant aspects in several science museums of Mexico, and in others of Europe (Spain, United Kingdom, France, etc.) and in the United States of America.

The results indicate that Chemistry is more traditionally taught and lacking in credibility, relevance and scientific objectivity, and therefore is a discipline of little concern in terms of scientific dissemination in Mexico. Finally, several lines of action are proposed to modify and reform the chemical education in order to have an impact in a clear and balanced manner, and to make explicit their reliability. A profound improvement of literacy in science is important especially in a country that requires, urgently a new way of looking at the world around it.

## INTRODUCCIÓN

A partir de los resultados de la encuesta sobre percepción pública de la ciencia, *Encuesta Nacional sobre la Percepción Pública de la Ciencia y la Tecnología en México* (ENPECYT, 2011), es posible tener un indicio de lo que una buena parte de los mexicanos estamos pensando sobre la “ciencia y la tecnología”<sup>1</sup>. Es importante aclarar que la población objetivo de esta encuesta, fueron personas mayores de 18 años que residen en viviendas particulares ubicadas en áreas urbanas de más de 100,000 habitantes<sup>2</sup>, lo cual excluye a la población de ciudades pequeñas y sobre todo, de comunidades rurales. Aún con esta porción de la población, es posible sacar algunas conclusiones de esta encuesta.

El primer punto a considerar se refiere a la escolaridad de la población: la mayoría, 46.84% tienen educación básica y el 22.98% media superior. Sólo el 26.47% cuenta con educación superior y el 3.7% no tiene instrucción... los datos, si bien lamentables, no son nuevos, pues corresponden con lo reportado por el INEGI en el Censo de Población y Vivienda 2010 en el que se reporta que el grado promedio de escolaridad de la población de 15 y más años es de 8.6 años aprobados.

Otro aspecto es que aunque los resultados reflejan que los mexicanos encuestados piensan que la ciencia es *importante* por ejemplo, para el 81% “la investigación científica y tecnológica juega un papel fundamental en el desarrollo industrial”, el 79.66% está de acuerdo en que “muchos de los bienes de alta tecnología son útiles o prácticos” y el 65.43% está de acuerdo en que “el crecimiento económico de una población está estrechamente relacionado con su nivel de investigación en ciencias básicas”, lo cierto es que cuando contrastamos estas respuestas con otros datos como los relacionadas con las cuestiones sobre fe y tradiciones o con la información que tienen sobre ciencia y tecnología, vemos que los conceptos “ciencia” y “tecnología” son vistos como algo quizá importante y necesario, pero “ajeno” a los individuos.

Para dar cuenta de esto vemos que en cuanto a la fe y las tradiciones, resalta que el 72.59% de los mismos encuestados afirman que los mexicanos “confiamos demasiado en la fe y muy poco en la ciencia”, el 29.66% cree que hay números de la suerte, el 36.53% considera que “algunos de los objetos voladores no identificados que se han reportado, son en realidad vehículos espaciales de otras civilizaciones”(más un 14% que no sabe qué responder) y el 40.28% cree que “algunas personas poseen poderes psíquicos”. Aunque estos porcentajes podrían no ser tan altos y no corresponden a “la mayoría”, sí nos reflejan una problemática: la importante presencia de creencias en temas

---

<sup>1</sup> Es importante aclarar que en la encuesta no se hace mención sobre qué conceptos de “ciencia”, “tecnología”, “alta tecnología”, “ciencias básicas”, entre otros, tienen los encuestados por lo que la interpretación de los resultados debe tomar en cuenta esta carencia de información.

<sup>2</sup> Bajo estos criterios, la encuesta fue aplicada a los habitantes de las ciudades de Acapulco, Aguascalientes, Campeche, Cancún, Chihuahua, Ciudad de México, Colima, Cuernavaca, Culiacán, Durango, Guadalajara, Hermosillo, La Paz, León, Morelia, Oaxaca, Pachuca, Puebla, Querétaro, Saltillo, SLP, Tampico, Tepic, Tijuana, Tlaxcala, Toluca, Tuxtla Gtz., Villahermosa, Mérida, Monterrey, Xalapa y Zacatecas.

no sustentados por la ciencia<sup>3</sup>. Aunado a lo anterior, tenemos que respecto a la opinión sobre la ciencia y los científicos, el 55.39% de los encuestados, está de acuerdo en que “el desarrollo tecnológico origina una manera de vivir artificial y deshumanizada” y el 55.67% considera que “debido a sus conocimientos, los investigadores científicos tienen un poder que los hace peligrosos”.

Otros datos importantes de esta encuesta son los relacionados con el interés de los entrevistados en temas de ciencia y tecnología. De acuerdo con los resultados, el 78.23% está interesado<sup>4</sup> en “nuevos inventos y tecnología” y al 75.72% le interesan los “nuevos descubrimientos científicos”, lo cual es una gran mayoría. Sin embargo, cuando vemos los datos relacionados con los medios en donde se puede tener acceso a información de estos temas, los resultados ya no son tan positivos. Por ejemplo: respecto a las horas a la semana que los encuestados ven la televisión tenemos que el 32.92% ve entre 1-8 horas, el 60.36% entre 9-40 horas, el 2.92% 41 horas o más y apenas el 3.8% no ve la televisión. De aquí, el tiempo dedicado a ver programas de ciencia y tecnología es: el 39.98% de 1-8 horas, el 2.53% entre 9-40 horas y un gran 57.49% NO ve este tipo de programas.

En la radio ocurre algo parecido, los tiempos dedicados a la semana, a escucharla son: 33.13% entre 1-8 horas, 26.71% entre 9-40 horas, el 3.62% 41 horas o más y el 36.54% no la escucha. De los que si escuchan radio, el tiempo dedicado a programas de ciencia y tecnología es: el 16.01% escucha entre 1-8 horas, un mínimo 0.14% entre 9-40 horas y la mayoría, el 83.85%, NO escucha ningún programa de este tipo.

Ahora, si consideramos los medios escritos, la tendencia no cambia. En el caso de los periódicos, la frecuencia de la lectura es: 12.8% un día, 24.24% entre 2-5 días, 16.46% entre 6 o 7 días y el 46.51% NO lee. Ahora, el número de artículos leídos semanalmente sobre ciencia y tecnología es aún más bajo: el 56.76% NO lee ningún artículo, el 14.87% lee uno, el 19.93% lee entre 2 y 5 y apenas el 5.44% lee 6 o más.

Con las revistas pasa lo mismo: el 68.81% NO lee revistas, el 10.88% lee revistas un día a la semana, el 16.48% lee revistas entre 2-5 días y el 3.82% lee revistas 6 o más días a la semana. De aquí, la estadística sobre el número de artículos sobre ciencia y tecnología que leen a la quincena (los pocos que sí leen revistas) es: el 38.6% NO lee ningún artículo, el 17% lee uno, el 30.64% lee entre 2-5, y el 13.76% lee 6 o más.

En el caso del internet, el 76.67% manifiesta tener conocimientos sobre internet y las horas a la semana de acceso son: el 47.06% entre 1-8 horas, el 46.22% entre 9-40 horas, el 6.73% 41 o más horas. De aquí, el 41.96% manifiesta consultar temas de ciencia y el 50.47% temas de tecnología.

---

<sup>3</sup> Aunque la definición de lo que es ciencia es un asunto filosófico que no compete a la discusión en este trabajo, es necesario aclarar que aquí entendemos ciencia lo que establece Mario Bunge (2012:9): “el conocimiento racional, sistemático, exacto, verificable y por consiguiente fiable”.

<sup>4</sup> En los datos de la encuesta el interés está en subdividido en categorías: muy grande, grande, moderado y nulo, pero para simplificar el análisis, aquí hemos considerado sólo el que haya o no interés.



Respecto a los centros de ciencia, tenemos que sólo el 15.65% visitó museos de ciencia y tecnología, el 12.25% visitó algún planetario, el 17.07% visitó exposiciones tecnológicas o industriales y apenas el 8.11% asistió a la Semana Nacional de Ciencia y Tecnología.

*¿Qué podríamos decir de los datos anteriores?*

En primer lugar, hay que considerar la cuestión de la escolaridad promedio de los mexicanos. Como ya hemos señalado, la mayoría de la población no cursa más que la secundaria o el nivel medio superior. De acuerdo con el *Censo de Población y Vivienda* realizado por el INEGI en el 2010, para una población de casi 78.5 millones de mexicanos con 15 años y más, el 7.2% no tienen escolaridad, el 12.6% tienen la primaria incompleta, el 16.0% terminaron la primaria, el 5.2% tienen la secundaria incompleta y el 22.3% completa. Tan sólo el 22.3% de esta población tienen “al menos un grado” de la educación media superior (lo cual indica que se incluye en este porcentaje a las personas que no concluyeron el bachillerato) y apenas un 16.5% con “al menos un grado” de educación superior (que también incluye a ciudadanos que probablemente no terminaron una carrera o no están titulados), lo que significa que el 82.6%<sup>5</sup> de esta población, tiene, cuando más, la educación media superior... Esto sugiere que hay que poner especial atención a la educación en el nivel básico y medio superior, pues es el máximo nivel educativo al que -en términos reales- aspira la población mexicana.

Por otro lado, la misma encuesta nos revela que aunque la mayoría de los entrevistados manifestaron que el conocimiento científico es útil y necesario para satisfacer necesidades humanas y para avanzar económicamente, cuando vemos los datos reales del tiempo que dedican a adquirir información sobre estos temas, tenemos que en realidad este “interés” es muy superficial y pareciera entonces que la ciencia es sólo para los científicos y no algo que está cercano a las personas. Aquí habría que preguntarse si este fenómeno tiene que ver sólo con el hecho de que a las personas realmente no les interesan los temas relacionados con la ciencia y la tecnología o se debe a que no hay una verdadera comprensión de los temas por lo que se prefiere no acceder a ellos o en todo caso, porque la oferta de programas o artículos es poca, mala o nada motivante. Lo mismo podríamos decir sobre los centros de ciencias en los que posiblemente, la baja asistencia obedece a factores como la pobre accesibilidad (la mayoría de estos centros se encuentra ubicado en las ciudades capitales de los estados) o a que la propuesta de divulgación es mala o mínimamente atractiva para un público de por sí poco interesado.

Como resultado de todo lo anterior, tenemos lo que ha dicho el Dr. Marcelino Cerejido en infinidad de ocasiones y de foros: “México, al igual que diversos países en desarrollo, ha sido incapaz de desarrollar una cultura compatible con la ciencia, lo que nos

---

<sup>5</sup> Cabe señalar que haciendo la suma de los porcentajes, se tiene un total de 99.1%, no se especifica en la página del INEGI qué pasó con el 0.9% faltante (poco más de 700mil personas).

ha llevado a acentuar el analfabetismo social de ésta”<sup>6</sup>. Otros autores coinciden también en que México padece de un preocupante analfabetismo en ciencias (De la Peña, 2005; Márquez, 2010) que tiene consecuencias no sólo en el poco interés de los jóvenes estudiantes que ingresan a carreras universitarias, sino también, en la muy lamentable percepción de la ciencia, que indica, como ya hemos visto, que los mexicanos “confían demasiado en la fe [en la religión, en la astrología, en la parapsicología, en el esoterismo, etc.] y poco en la ciencia” a la que consideran peligrosa o deshumanizada.

El problema de este analfabetismo en ciencias, no es sólo que la matrícula universitaria sea pobre, que el número de investigadores sea bajo o que se considere que los científicos son peligrosos, el problema es más grave aún: la comprensión del conocimiento que la ciencia nos aporta se está convirtiendo en un elemento imprescindible para comprender el mundo en que vivimos, pero sobre todo, para conformar opiniones más sólidas, fundamentadas y con mejores argumentos que nos permitan tomar decisiones sobre determinados avances en ciencia y tecnología que inciden en nuestra vida y de los cuales no siempre se está seguro si positiva o negativamente. Entendemos por *alfabetización en ciencias*<sup>7</sup> como “el grado en el que un individuo, posee conocimientos científicos y los utiliza para identificar preguntas, adquirir nuevos conocimientos, explicar fenómenos científicos y extraer conclusiones basadas en pruebas sobre aspectos relacionados con la ciencia” (OECD, 2007). En otras palabras, al hablar de tener una sociedad alfabetizada en ciencias, no significa tener una sociedad en la que todos “hagan ciencia”, se trata más bien, de tener una sociedad que sea capaz de encontrar explicaciones de los fenómenos de la naturaleza a partir del conocimiento científico, de comprender y analizar problemas relacionados con las ciencias y la tecnología, de tomar mejores decisiones sobre el uso o no de ciertos productos, sobre la conveniencia o no de ciertas prácticas, pero sobre todo, de cuestionarse y tomar conciencia ante cualquier intento de manipulación que afecte su entorno (por ejemplo: ante el consumo de “productos milagro”, ante el uso o no de energías alternativas, ante el hecho de consumir o no ciertos medicamentos, etc.).

Aunque la posibilidad de tener una sociedad alfabetizada en ciencias podría parecer utópica, existen caminos que pueden conducirnos, al menos en cierto grado, a mejorar esta condición. En este sentido, varios autores coinciden en que una educación de calidad será un antídoto ideal en contra de este analfabetismo, de la ignorancia, la marginación y la manipulación de la ciudadanía (Aguirre y Vázquez, 2004; Cerejido, 2009; Cañal, 2004; Chamizo, 2000; Herrera, 2002; Gil y Vilches, 2006; Jiménez *et al*, 2002; Liu, 2009; Norris y Olmedo, 2011; Sanmartí, 2002; Segarra *et al*, 2008; Wagensberg, J., 2001, 1998a y 1992) y para ello, se requiere reconceptualizar el aprendizaje de las ciencias como un proceso de toda la vida (Delors, 1996) y no sólo desde el punto de vista profesional o laboral sino como una mejora personal.

---

<sup>6</sup>Publicado en: Torres, I. México, inmerso en el analfabetismo científico del tercer mundo: Cerejido. La Crónica de Hoy, 11 de febrero de 2013. Disponible en: <http://www.cronica.com.mx/notas/2009/417710.html> [Consultado el 25 de mayo de 2013]

<sup>7</sup> El término original utilizado por PISA, “literacy”, se ha traducido generalmente como “alfabetización”, pero también puede encontrarse que se usa el término “cultura” (Pérez, 2011)

Pero para hablar de una “educación de calidad” tendríamos que considerar muchos factores como el presupuesto destinado a la educación, la infraestructura de los centros educativos, la formación de los docentes, la oferta educativa, el diseño curricular, la condición socio-económica de los estudiantes e incluso, las creencias religiosas. Lamentablemente, tratar de resolver todos y cada uno de estos temas es una tarea compleja que corresponde a un gran número de actores de muy diversa procedencia académica por lo que rebasa, con mucho, los alcances de un trabajo como éste. Sin embargo, es posible empezar por abordar alguno de los factores que intervienen y en esta investigación, lo que se pretende es aportar algunas propuestas a partir de la didáctica, es decir, en consideración a los procesos de enseñanza-aprendizaje.

Para lograr lo anterior es necesario tener claro que cuando se habla de educación en ciencias, me refiero a la ciencia escolar, es decir, al establecimiento de puentes entre el conocimiento, tal como lo expresan los científicos y el conocimiento que pueden construir los estudiantes. En otras palabras, la reelaboración del conocimiento de los científicos de tal manera que se pueda proponer al estudiante en las diferentes etapas de su proceso de aprendizaje (Jiménez y Sanmartí, 1997). Ahora bien, al hablar de ciencia escolar también es necesario distinguir entre las diferentes disciplinas científicas<sup>8</sup> (física, química, biología, etc.) en las que se aborda el estudio de las ciencias en los niveles medio y medio superior. De este modo, si se pretende hablar de una mejora en la educación en ciencias, se tendrían que abordar todas y cada una de las disciplinas científicas que se estudian en la escuela... tarea, que una vez más, rebasa los alcances de este trabajo no sólo porque se requiere de una gran cantidad de tiempo para el estudio, sino también porque sería necesario el conocimiento profundo de tales disciplinas.

Bajo este panorama es que se ha elegido sólo una de las disciplinas científicas que no sólo considero importante por los conocimientos que aporta, sino porque históricamente ha representado cierto nivel de dificultad para el aprendizaje escolar (Carter, 1989; Furió, 2006; Gómez *et al*, 2004): la Química.

### *¿Alfabetización en química?*

Dice Vicente Talanquer (2011:57) que:

“El gran poder transformador del conocimiento, las formas de hacer y pensar, así como los productos tangibles de la química, hacen imperativo que los ciudadanos de este planeta adquieran los conocimientos químicos mínimos que les permitan tomar –o a ayudar a tomar- decisiones responsables sobre cómo utilizarlos. Nuestra supervivencia depende del éxito que tengamos en educar a las nuevas generaciones para que puedan analizar de forma crítica los costos y los beneficios de los productos de la ciencia y la tecnología [...]”.

---

<sup>8</sup> Que se entienden como formas de organización del conocimiento que pueden justificarse por criterios temáticos, históricos, socio-institucionales o por una combinación de ellos (Gianella, 2006)

En otras palabras, lo que necesitamos es estar “alfabetizados en química”. Si bien es cierto que cuando se habla de la alfabetización en ciencias no se hace referencia a la particularidad de alguna disciplina científica, sí es posible hacer una distinción de la alfabetización que implique el conocimiento, comprensión y aplicación de ciertos conocimientos y reflexiones propios de cada disciplina. De este modo, es posible hablar de *alfabetización en química* (Atkins, 2005; Holman, 2002; Schwartz *et al*, 2006; Witte y Beers, 2003), es decir, una persona alfabetizada en química será aquella que sea consciente de la existencia de la química como una ciencia derivada del pensamiento humano con fortalezas y limitaciones y que se relaciona y nutre con otras disciplinas científicas y con la tecnología; será además, una persona que entiende los conceptos y principios clave de la disciplina, usándolos para explicar diversos fenómenos naturales dentro de un contexto social.

Aunque la química es una disciplina poco popular entre la ciudadanía en general, pero específicamente entre los estudiantes de los niveles medio y medio superior (Galagovsky, 2005; Izquierdo, 2012; Mammino, 2001; Román, 2011; Sánchez, 2004), hay que considerar el hecho de que los conocimientos químicos, siguen siendo fundamentales para comprender procesos y conceptos, no sólo de química o de otras áreas del conocimiento como la biología molecular, medicina, biotecnología, etc, sino también porque en la vida diaria hay muchos fenómenos que son explicados a partir de conceptos propios de la química. En este sentido, dice Mercé Izquierdo (2006: 17):

“La química está avanzando en las fronteras con otras disciplinas y se puede considerar que es la ciencia más importante en estos momentos, sin la cual las otras no podrían avanzar. Pero, en cambio, la impresión general es que las personas no tienen una opinión adecuada de lo que es la química, ni de qué tipo de “verdad” propone, ni de cómo se puede influir en ella, ni de qué sirve a los que no son químicos... Si es cierto que la enseñanza de las ciencias en todo el mundo está en crisis, [...] debemos tomarnos en serio los diversos cambios curriculares [...] La química como disciplina científica se estructuró para formar a un químico profesional pero, como que ahora el discípulo es el ciudadano y no el futuro científico”.

*¿Qué hacer entonces, para contribuir a la alfabetización en química de la ciudadanía?*

Alcanzar la alfabetización en química tanto para la población escolar como para la ciudadanía en general, es complicado. Sin embargo, la educación en química puede ser una opción para alcanzar este objetivo (Galagovsky, 2005; Izquierdo, 2006; Pinto, 2003; Porro, 2007; Talanquer, 2011).

Con base en lo anterior, la presente investigación plantea la necesidad de hacer un diagnóstico el estado actual de la de la educación formal e informal de la química en México en los niveles medio y medio superior y a partir de él, establecer algunas líneas de acción que puedan contribuir a la mejora de la educación y como consecuencia a la alfabetización en química de la ciudadanía.

## PRIMERA PARTE: ANÁLISIS CURRICULAR EN EL NIVEL MEDIO Y MEDIO SUPERIOR

### La educación en ciencias.

Primero que nada, habrá que aclarar que el concepto de educación se ha definido en diversas formas a lo largo de la historia de la humanidad. Etimológicamente “educación” proviene fonética y morfológicamente de *educare* (conducir, guiar); pero semánticamente recoge la versión de *educere* (hacer salir, dar a luz) (Martínez, 2001).

La educación es una acción compleja y heterogénea que presenta una considerable diversidad de procesos, agentes e instituciones. Pero independientemente de esta diversidad, la educación suele ser intencional y sistemática y de acuerdo con estos dos aspectos, se puede clasificar como: formal, no formal e informal<sup>9</sup>.

La *educación formal* es la que se realiza dentro de un espacio físico determinado e institucionalizado llamado escuela (Tourriñan, 1996). En este tipo de educación, los procesos de enseñanza y aprendizaje son fundamentales para entender el hecho educativo, aunque también cohabitan junto a ellos el objeto de estudio (lo que se enseña) materializado en el currículo (en el sentido de los objetivos y contenidos a enseñar), los medios y recursos didácticos de los que el profesor se vale para alcanzar sus propósitos (Martínez, 2001) En otras palabras, la educación formal es aquella que concluye con los grados académicos reconocidos y otorgados según las leyes educativas de los Estados, desde los certificados de enseñanza básica hasta la obtención de un posgrado (Colom, 2005).

Por otro lado, la *educación no formal* es la que ocurre fuera de ese sistema escolar para facilitar determinados tipos de aprendizaje a subgrupos particulares de la población (Tourriñan, 1996) y que contribuye al desarrollo del individuo en ámbitos sociales, laborales, culturales o incluso académicos. Es un sistema complementario de educación que implica un conjunto de actividades organizadas y sistematizadas pero fuera del sistema educativo formal.

A diferencia de las anteriores, la *educación informal* es “el proceso no organizado y no sistematizado de adquisición de conocimientos, habilidades, actitudes y pautas de conducta a través de la convivencia diaria, la influencia generalizada y los medios de comunicación” (Tourriñan, 1996:63) en la que las consecuencias educativas no fueron elaboradas específicamente con fines educativos, en otras palabras es la educación que se vive de manera inconsciente, en la vida cotidiana.

---

<sup>9</sup> La contraposición educación formal- educación no formal aparece primeramente en la obra de Ph. Coombs: “The world educational crisis” publicada en 1968 y es hasta 1974 con la obra de Coombs y Ahmed “Attacking rural poverty: how non-formal education can help” que los términos educación formal, no-formal e informal, son definidos. (Tourriñan, 1996)

Esta clasificación se refiere a la educación en general, y por supuesto aplica a la educación en ciencias.

### La educación formal

Como ya hemos dicho, hoy en día, nadie niega que enseñar y aprender ciencias y química en particular, es fundamental, no sólo porque nos permite entender muchas cosas de nuestro entorno, sino también porque los grandes avances científicos (y tecnológicos) forman parte de nuestra vida cotidiana y la influyen de diversas maneras. Sin embargo, cuando desde el ámbito educativo se habla de para qué enseñar ciencias, los argumentos van en tres planos generales que establecen a la ciencia: (1) como cultura, (2) como forma de razonar, de actuar y de valorar y (3) como un conocimiento aplicado.

En el primer aspecto, basta decir que una de las finalidades de la enseñanza de las ciencias en la escuela es su transmisión cultural, es decir, la *cultura científica* que debe entenderse como el conjunto de modelos y teorías de que se dispone en este momento histórico, para responder a las preguntas sobre los hechos y fenómenos que ocurren a nuestro alrededor (Sanmartí, 2002), en otras palabras, es “echar mano” del conocimiento científico para explicarnos el qué y el por qué de lo que ocurre, más allá de la pura memorización de datos. En el segundo aspecto, hay que decir que el pensar “científicamente” implica poner en práctica una metodología, un sistema de razonamientos, aplicar la creatividad e imaginación y por supuesto, poner en juego una serie de valores y actitudes vinculados al propio contexto histórico y social. Y finalmente, en el tercer aspecto, se refiere a que la ciencia nos permite entender el mundo, hacer predicciones y transformar prácticas (para bien o para mal).

### La educación informal

Aunque la educación informal abarca prácticamente todas las demás formas de educación no sistematizadas como el contacto con la familia, o los carteles de la calle, el cine, etc., es difícil hacer una medición del contenido científico y la intención educativa del mismo. Sin embargo, existen otros medios de comunicación en donde la educación informal, adquiere la forma específica de “divulgación de la ciencia”. De acuerdo con Ana Ma. Sánchez Mora (Bonfil, 2003: 40), la divulgación de la ciencia se entiende como “una labor multidisciplinaria cuyo objetivo es comunicar, utilizando una diversidad de medios, el conocimiento científico a distintos públicos voluntarios, recreando ese conocimiento con fidelidad y contextualizándolo para hacerlo accesible” Pero además, no sólo se esperaría que el objetivo de la divulgación fuera la comprensión pública de la ciencia sino también la generación de opinión pública (Wangensberg, 1998b) y la responsabilidad pública sobre la ciencia (Bonfil, 2005), estas últimas derivadas de una sociedad alfabetizada en ciencias.

Es por esta razón que la divulgación de la ciencia toma relevancia en el contexto del análisis sobre la alfabetización, pues los diferentes medios de divulgación contribuyen

de una u otra manera a la alfabetización en ciencias de la sociedad. Si bien no es el objetivo de la divulgación crear un mundo de científicos, si lo es la construcción de un auditorio informado, inquisitivo, reflexivo y tomador de decisiones (Asimov, 1989; Estrada *et al*, 1997). Existen diversos medios de divulgación de la ciencia, de entre ellos: los impresos (periódicos, carteles, infografías, libros y revistas), los programas de radio y televisión y los museos. Cada uno de ellos con sus diferentes objetivos, metodologías y alcances por lo que habrá que analizar de entre todos ellos cuáles son los idóneos para la divulgación de la química.

### La educación no-formal

Este tipo de educación, consiste en las actividades ajenas a los programas escolares pero que necesariamente son planeadas, organizadas y estructuradas para lograr un conjunto bien definido de objetivos de aprendizaje. Frecuentemente son impulsadas por instituciones (que pueden ser educativas o no) aunque también son desarrolladas de manera independiente (centros de ciencias, casas de cultura, etc.). Los procesos no formales buscan facilitar a los participantes el acceso a actividades científicas en un entorno más contextualizado. Algunas de las maneras de educación no-formal más conocidas son las conferencias interactivas y los talleres de ciencia recreativa(García, 2009).

### **La educación formal y el currículo escolar.**

Una vez que se ha definido esta clasificación de los tipos de educación, es momento de centrarnos en una de las más importantes pues la que constituye una obligación del Estado y que por esa razón adquiere un mayor impacto: la educación formal. Como se ha dicho, este tipo de educación se relaciona directamente con el currículo, con todos aquéllos contenidos que de manera manifiesta se establecen como necesarios para la alfabetización de la ciudadanía.

Sobre este punto y específicamente en términos de la enseñanza de las ciencias, en la literatura sobre investigación educativa de los últimos años, se ha manifestado un gran interés de diversos grupos de especialistas por analizar el currículo que debería enseñarse en los niveles preuniversitarios (secundaria y bachillerato), haciendo la consideración de que en los tiempos modernos, la enseñanza de la ciencias debe estar enfocada principalmente, al desarrollo de habilidades que le permitan tener una mejor vida en todos los ámbitos: personal, profesional y social más que a la adquisición de información; en otras palabras, que deberían estar enfocados a la alfabetización científica y desarrollo de habilidades y competencias, más que a la memorización de datos, fechas o fórmulas (Delors, 1996; Pozo, 1997; Millar & Osborne, 1998; Furió *et al.*, 2001; Burden, 2005; Caamaño, 2005).

Aunque son muchos los factores que influyen en la educación como son la estructura del propio sistema educativo, las instituciones, los conocimientos y preparación

de los profesores, la infraestructura, la situación socioeconómica y psicológica de los estudiantes, entre otros, lo cierto es que desde el ámbito académico, sólo puede incidirse realmente en algunos aspectos. Desde la investigación educativa y la didáctica, se han realizado varios esfuerzos para contribuir a la mejora de la enseñanza que incluyen el estudio de las ideas previas de los estudiantes (Kind, 2004), la manera en la que se puede lograr el cambio conceptual (Furió *et al*, 2000; Bello, 2004), el diseño de unidades didácticas con diversas estrategias que favorezcan el proceso de enseñanza-aprendizaje (Leach & Scott, 2002; Méheut, 2005; Ortiz *et al.*, 2005; Pérez y Chamizo, 2011, 2013), la incorporación de las TIC (Gupta-Bhowon, 2009; Prat y Alimenti, 2011), entre otras. Asimismo, se han hecho propuestas que hablan de la necesidad de incluir no sólo temas conceptuales sino también, incorporar 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 & Osborne, 1997; Clough, 2007).

De entre las cosas que tienen en común los resultados de estas investigaciones es que uno de los principales obstáculos para la incorporación no sólo de metodologías más innovadoras sino también de temas que conduzcan a la reflexión, resulta ser el sobrecargado currículo escolar. Para muchos profesores, aunque la inclusión de nuevas metodologías suponga una mejora en el aprendizaje de sus estudiantes y estén convencidos de lo provechoso que resultaría llevar al aula otros temas que socialicen el conocimiento, en la realidad no lo hacen pues -ante un currículo tan lleno de contenidos- significa el “sacrificio” de unos temas por otros, con consecuencias “negativas” en los resultados de las evaluaciones institucionales basadas, obviamente, en el currículo oficial (Caamaño e Izquierdo, 2003; Quilez, 2005).

De este modo, la discusión sobre la necesidad de modificar el 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. Pero, quizá lo primero que haya que aclarar es a qué nos referimos cuando hablamos de *currículo*.

### *Sobre el currículo...*

El currículo es definido en el diccionario de la RAE como el conjunto de estudios y prácticas destinadas a que el alumno desarrolle plenamente sus posibilidades. Esto no elimina la ambigüedad del término sobre el que, desde 1980, Tanner indicó 20 definiciones diferentes (Tanner y Tanner, 1980) y del que Coll ya en este siglo reconoció que *la variedad de realidades educativas sometidas a análisis y el acelerado proceso de cambio que tiene lugar en esas realidades hace muy difícil asentar los enfoques curriculares* (Coll y Martín, 2006: 9). Pérez lo decía hace 25 años (1988) y Young lo indicó recientemente (Young, 2014): no hay consenso entre los especialistas. En general, el currículo de cualquier disciplina puede identificarse alrededor de tres grandes enfoques que reflejan otras tantas posturas epistémicas (Scott, 2014):



- El currículo como estructura organizada de conocimientos objetivos, con sus posibilidades y limitaciones, donde se hace énfasis en la función transmisora de la educación, particularmente de una generación a la siguiente. Se articula generalmente como un plan de instrucción<sup>10</sup> que es un documento que planifica el aprendizaje y que contiene objetivos, contenidos, actividades y estrategias de evaluación. Aquí se apela a programas disciplinarios estables con contenidos específicos que son lo que los alumnos deben aprender.

- El currículo como sistema tecnológico de producción, es decir donde se especifican los resultados pretendidos en dicho sistema de producción, caracterizado por las competencias<sup>11</sup>. De las muchas y diversas caracterizaciones de las competencias aquí se recupera la que inicialmente estableció la OCDE a través de su proyecto DeSeCo (Definition and Selection of Competences, y que dice (Coll y Martin, 2006: 28): “Una competencia es la capacidad para responder a las exigencias individuales o sociales para realizar una actividad o una tarea. Este enfoque externo, orientado por la demanda, tiene la ventaja de llamar la atención sobre las exigencias personales y sociales a las que se ven confrontados los individuos”. Esta caracterización ha sido afinada reconociendo tres grandes categorías específicas: el uso interactivo de herramientas (lenguajes), la interacción en grupos heterogéneos y la actuación de forma autónoma (OCDE, 2005), que son evaluadas a través de la prueba PISA.

- Entre estos dos enfoques extremos se puede ubicar uno intermedio, identificado con el pragmatismo (Biesta, 2014) que, ya desde la irrupción del constructivismo en la educación a mediados del siglo pasado, apela a la movilización del saber y en el que el

---

<sup>10</sup> Según Lewis y Miel (1978: 21) *la instrucción es el flujo real de los intercambios entre personas en proceso de formación y otras personas y cosas (informaciones, procesos, técnicas, aparatos, valores) dentro de particulares organizaciones de espacio y tiempo.*

<sup>11</sup> Hay una intensa y amplia discusión sobre las competencias (Delors, 1997; Coll y Martin, 2006; García, 2006) que sin embargo están originalmente muy relacionadas con la formación para el trabajo. Como lo indica Gallart (2001): Cuando se enfocan las competencias (entendidas éstas como la aplicación de conocimientos en circunstancias críticas) desde el mundo del trabajo, y particularmente desde el empleo, se pueden distinguir dos niveles. A) las competencias de empleabilidad son aquéllas inicialmente necesarias para obtener un trabajo de calidad y para poder reciclarse siguiendo los cambios. Se resumen en habilidades básicas tales como la capacidad de expresión oral y escrita, matemáticas aplicadas, capacidad de pensar. Estas competencias requieren una enseñanza sistemática y gradual. B) Se agregan a las anteriores otras relacionadas al uso de recursos para lograr objetivos (dinero, tiempo, materiales, equipos); las competencias interpersonales (trabajo en grupo, enseñar y aprender, liderar, negociar, atender clientes, manejar la diversidad cultural); competencias de comunicación (identificar, adquirir y evaluar información, comunicarla a otros)...lo que sí se puede decir es que los jóvenes cambiarán varias veces de ocupación y que sin estas competencias más amplias y su actualización constante en la experiencia laboral y el reaprendizaje, será muy difícil trabajar en el futuro.

Por su parte Coll señala (Coll y Martin, 2006: 30): *Además, hecho alusión al riesgo de homogeneización cultural que conlleva la definición de los aprendizajes básicos en términos de competencias cuando éstas se desgajan de las prácticas socioculturales en las que inevitablemente se enmarcan...las competencias son un referente para la acción educativa; debemos ayudar al alumnado a construir, adquirir y desarrollar; y también, en consecuencia, un referente para la evaluación, lo que hay que comprobar es que todos los alumnos y alumnas hayan adquirido al término de la educación básica el nivel de logro establecido. Sin embargo, las competencias, como las capacidades, no son directamente evaluables.*

currículo aparece como reconstrucción de conocimiento y propuesta de acción. Generalmente se encuentra centrado en el análisis de la práctica y con una orientación hacia los modos de pensamiento<sup>12</sup> y la resolución de problemas.<sup>13</sup> Para conocer hay que pensar y actuar. Aquí el conocimiento se refiere a la relación entre las acciones y sus consecuencias.

Cada uno de estos enfoques ha sido objeto a su vez de una gran cantidad de estudios y precisiones técnicas y más recientemente de evaluaciones de rendimiento<sup>14</sup>, sin olvidar que en todo currículo se llevan a cabo un conjunto de experiencias de aprendizaje bajo la orientación de la escuela, en un lugar y tiempo específicos. Pero como indica Eisner (1979), los profesores enseñan más y menos de lo que se proponen y los alumnos aprenden más y menos de lo que se les enseña, lo que de alguna manera se reconoce en el denominado currículo oculto<sup>15</sup>.

Debido a la dificultad del término “currículo” Posner (2005) ha reconocido que hay que diferenciarlo en cinco currículos concurrentes:

- El currículo oficial. Aquel que es descrito en los documentos oficiales.
- El currículo operativo. El que materializa las prácticas y las evaluaciones de la enseñanza que en realidad se llevan a cabo en la escuela.
- El currículo oculto. El que se refiere a las normas y valores institucionales que no son reconocidas públicamente por los docentes y/o las autoridades educativas.
- El currículo nulo. Aquel que explícitamente no se enseña.
- El currículo adicional. El que se refiere a las actividades externas al currículo oficial.

La coexistencia de estos “currículos” u otros semejantes ha sido identificada también por otros autores (Gilbert, 2006) coincidiendo con la importante distancia que hay, por un lado, entre los documentos formales publicados por las autoridades educativas y por el otro, con lo que sucede día a día en la escuela.

Se puede resumir indicando que el currículo en su totalidad es una concreción de un proyecto cultural que se desarrolla en un contexto institucional específico y que se modifica individual y colectivamente como consecuencia del trabajo cotidiano en las aulas

---

<sup>12</sup> Por ejemplo para Dewey (1963) aprender es aprender a pensar.

<sup>13</sup> A partir de los artículos de Schawb en los años 70 uno de sus más influyentes exponentes es Hodson (1999, 2003).

<sup>14</sup> Como lo indica Coll (2006: 40): *Las evaluaciones de rendimiento proporcionan informaciones sumamente útiles sobre el grado de consecución de las intenciones educativas, pero no son la fuente de la que surgen estas intenciones ni tampoco el instrumento adecuado para su legitimación.*

<sup>15</sup> Término que identifica todos aquellos aspectos que no son revelados y que, sin embargo, subyacen en toda estructura curricular. Retomando a Bohoslavsky (1975: 5): *Insisto en que se enseña tanto con lo que se enseña como con aquello que no se enseña; muchas veces lo que no se enseña es lo vital... el especialista no es más que un ilustre enajenado.*

y los laboratorios. Queda claro que para esperar tener éxito con una propuesta curricular deben atenderse diversos niveles y/o actores: objetivos claros, instalaciones y materiales educativos apropiados, profesores bien capacitados y alumnos dedicados.

Pero, independientemente de la diversidad de “currículos”, lo cierto es que el *currículo formal*, 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 básicos 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? (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 sólo 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 salir de la secundaria y del bachillerato? Además, una vez encontrados estos conocimientos, ¿qué criterios deben considerarse para hacer una secuenciación adecuada de los mismos?

Por otro lado, las interrogantes también apuntan a cómo deben ser abordados estos contenidos: si como mero listado de conceptos, fórmulas y procedimientos, o bien, si estos conocimientos deben estar contextualizados y planteados de tal forma que el aprendizaje de los mismos sea más exitoso a través, por ejemplo, de situaciones problemáticas que representen un reto para los estudiantes con temas interesantes para ellos (ya sea porque son temas de actualidad en la ciencia o porque se relacionan con su propio entorno de vida). Además, por si esto fuera poco, otro asunto importante tiene que ver con cuál es la visión de la química que se pretende que un estudiante adquiera durante su formación: la química como una disciplina que ha venido a “resolvernos” la vida con un gran número de materiales útiles o el de una disciplina a la que le debemos desastres ambientales y accidentes industriales... o quizá ni lo uno ni lo otro y más bien, se debería plantear un análisis reflexivo de la química como producto del pensamiento y la acción humana (Solbes & Traver, 2003; Bensaude-Vincent, 2008; Chamizo, 2011a) Pero para poder conducir a esta reflexión ¿qué necesitamos introducir en la currículo escolar?, ¿más contenidos? Quizá, entonces convenga escuchar a las voces que insisten en que la historia y la filosofía de la química deben –de alguna manera- estar presentes en los currículos escolares para tener una postura más reflexiva (Scerri, 2001; Talanquer, 2011; Izquierdo, 2012). Y si se estuviera de acuerdo con incluirlas cómo deben ser introducidos estos aspectos: a través de contar historias anecdóticas que “revelen” a los héroes y hechos científicos o más bien habrá que hacer un análisis más profundo del cómo, cuándo, dónde y por qué se fue dando el desarrollo de la disciplina... Pero, en un nivel básico, ¿es esto posible?

La discusión sobre todos estos asuntos sigue abierta y el propósito de este trabajo no es abundar en ella sino más bien, tomar en cuenta estos aspectos para analizar la educación en México en los niveles preuniversitarios, a fin de tener un panorama de cómo se está dando la enseñanza formal de la química y si ésta responde a las necesidades de aprendizaje de los estudiantes de hoy en día.

### *Sobre la alfabetización científica...*

Como sucede con el término “currículo” el de “alfabetización científica” está sujeto a diversas interpretaciones (Fourez 1994; Chassot 2003). Ya desde hace muchos años Shen (1975) identificó al menos tres categorías del mismo, no necesariamente excluyentes:

- Alfabetización científica práctica. Se refiere al conocimiento científico que ayuda a mejorar las condiciones de la vida cotidiana.
- Alfabetización científica cívica. Aquella que permite entender e intervenir en el debate político con criterios científicos.
- Alfabetización científica cultural. La que está motivada por el deseo de conocer las actividades científicas como logros humanos.

Esta división no debilitó el ambiguo concepto de alfabetización científica sino que permitió que surgiera la necesidad de incluir en los currículos de ciencias, además de los conocimientos científicos, aspectos relacionados con la tecnología, la sociología, la filosofía o la historia, a fin de lograr una mayor participación ciudadana en la toma fundamentada de decisiones (Aikenhead, 1985).

Con el paso de los años el término “alfabetización científica” se volvió hegemónico entre la comunidad de investigadores en educación, pero no muy claro, inclusive se propuso que debía abandonarse (Shamos, 1995). Así, en la revisión sobre el tema, Roberts (2007) estableció una elegante diferencia entre las que denominó dos visiones sobre los propósitos de la enseñanza de las ciencias en permanente tensión:

- **Visión 1. *Internalista***, es decir aquella que mira al interior de la ciencia misma, sus productos como las leyes y teorías y sus procesos como la experimentación. Apela al funcionamiento disciplinar de la ciencia, donde se indica la relación entre la evidencia y la teoría, caracterizándola como un proceso encadenado de habilidades como son: observar, medir, experimentar, es decir alrededor del denominado “método científico”.
- **Visión II. *Externalista***, aquella que mira a las situaciones en las que la ciencia tiene un papel importante que jugar, como es el caso de las decisiones sobre asuntos socio-científicos. Apela al entendimiento personal de la explicación de eventos en términos de influencias propias y culturales (incluyendo las científicas).

El mismo Roberts indicó la tendencia de los defensores de la visión II de pasar a la visión I como resultado de la creciente influencia política ejercida por la comunidad científica en los comités que definen los currículos de diversos lugares del mundo y que

se concretan en la tradición de la enseñanza de las ciencias (Roberts, 2007; Dillon, 2009). Así, al asumir la Visión I la mayor dificultad consiste en reducir la experiencia de los estudiantes sobre la amplitud del saber científico como una empresa humana. Entre la Visión I y la II la distinción más evidente tiene que ver con la manera en la que los estudiantes conceptualizan y experimentan el carácter controversial de temas socio-científicos, asunto que a muchos parece superfluo.

Recientemente, Norris *et al* (2014) informó sobre las concepciones publicadas en el siglo XXI sobre el tema de alfabetización científica. Categorizó los logros de la misma en tres grupos de valores que son identificados como fines de la enseñanza de las ciencias: los relativos al conocimiento, los relativos a las capacidades y los relativos a los rasgos personales (intelectuales y morales)<sup>16</sup>. Sus resultados indican un equilibrio entre los dos primeros grupos, duplicando cada uno de ellos al tercero.

---

<sup>16</sup> Los rasgos intelectuales incluyen mentalidad abierta, cuidado y carácter inquisitivo. Por su lado los morales consideran la honestidad, la generosidad y el atrevimiento.

## 2. LA ENSEÑANZA DE LA QUÍMICA EN MÉXICO PARA LOS NIVELES PREUNIVERSITARIOS

### 2.1 Estructura del Sistema Educativo

En México se tienen básicamente tres niveles educativos: la educación básica (que comprende desde el preescolar, primaria y secundaria), la educación media-superior (bachillerato) y la educación superior (que comprende la licenciatura, la maestría y el doctorado) además, de la educación técnica. La educación obligatoria en el país comprende tanto la educación básica como al bachillerato<sup>17</sup>.

En el Plan Nacional de Desarrollo 2007-2012, se plantearon los objetivos para llevar a cabo una transformación educativa en el país y se constituyeron como el marco que dio rumbo y sentido a dos acciones de política educativa específicas: la *Reforma Integral de la Educación Básica (RIEB)* y la *Reforma Integral de la Educación Media Superior (RIEMS)*. Los aspectos sustantivos de ambas reformas se muestran en la Tabla 1:

**Tabla 1. Principales características de las Reformas Educativas**

RIEB	RIEMS
<ul style="list-style-type: none"><li>• Articulación entre los niveles que conforman la educación básica.</li><li>• Continuidad entre la educación preescolar, primaria y secundaria.</li><li>• Énfasis en temas relevantes para la sociedad actual y en la formación para la vida.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Construcción de un Marco Curricular Común.</li><li>• Definición y reconocimiento de la oferta de la Educación Media Superior.</li><li>• Profesionalización de los servicios educativos.</li><li>• Certificación Nacional Complementaria.</li></ul>

Uno de los resultados de estas dos reformas fue la generación de nuevos Planes y Programas de Estudio que en el caso de la educación básica, son los adoptados en todo el país (salvo en las escuelas privadas que se apeguen a otro tipo de enseñanza como los liceos extranjeros).

En el caso de la Educación Media Superior (EMS), el panorama es más complejo, pues la estructura organizativa de este nivel educativo implica dos modalidades: una de *carácter propedéutico*, en la que se prepara para el estudio de diferentes disciplinas científicas, tecnológicas y humanísticas y proporciona una cultura general a fin de que sus

<sup>17</sup> A partir del 8 de febrero de 2012, se firmó el decreto por el que el bachillerato se hace obligatorio, a partir de las reformas a los artículos 3º y 31 constitucionales. 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. Fuente: Rodríguez, A. "Decreto Calderón bachillerato obligatorio... aunque sin escuelas" en PROCESO, 8 de febrero de 2012, <http://www.proceso.com.mx/?p=297757> [Consultado el 5 de febrero de 2013]

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 ésta, se prepara simultáneamente para continuar estudios superiores y para tener una formación tecnológica orientada a la obtención de un título de técnico profesional.

En la Tabla 2 se puede ver la diversidad organizativa de la EMS. 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, desconcentrados o descentralizados. Por lo que los 15,427 planteles de la EMS quedan clasificados como: centralizados del gobierno federal que concentran 18.2% del total de la matrícula, descentralizados del gobierno federal (3.4%), desconcentrados del gobierno federal (1.4%), centralizados del gobierno del estado (15.8%), descentralizados del gobierno del estado (29.2%), autónomos (12.4%) y privados (2.2% subsidiados y 17.5% particulares).

**Tabla 2. Alumnos en educación media superior por sostenimiento, tipo de sostenimiento y gestión, 2011/2012 (INEE, 2013)**

SOSTENIMIENTO (CONTROL ADMINISTRATIVO) Y TIPO DE SOSTENIMIENTO		DIRECCIÓN O INSTITUCIÓN	PLANTEL	ALUMNOS	
				Abs.	%
Centralizados del gobierno federal (SEMS)	Federal	DGETI	CETIS	223 070	5.1
			CBTIS	362 691	8.4
		DGETA	CBTA	142 176	3.3
			CBTF	3 454	0.1
		DGECyTM	CETMAR	24 197	0.6
			CETAC	1 568	0.0
		DGB	CEB	24 667	0.6
			Preparatoria Federal Lázaro Cárdenas	4 937	0.1
Centralizados del gobierno federal (otros)	Federal	Secretarías de Estado	SEDENA	543	0.0
			SEMAR	107	0.0
			SAGARPA	660	0.0
Desconcentrados del gobierno Federal	Desconcentrado de la SEP	INBA	CEDART	2 291	0.1
			Escuelas Superiores	946	0.0
		IPN	CECyT	54 551	1.3
			CET IPN	3 111	0.1
Descentralizados del gobierno federal	Descentralizado de la SEP	CONALEP	CONALEP (D.F. y Oaxaca)	51 276	1.2
		CETI	CETI	4 793	0.1
		COLBACH	COLBACH Méx	90 655	2.1
Centralizados	Estatal		TELEBACH	177	4.1

del gobierno del estado				077	
			EMSAD	24 368	0.6
			BIC	3 546	0.1
			CET	5 380	0.1
			Bachilleratos estatales	459 016	10.6
		Instituto de Educación Media Superior D. F.	Preparatoria del gobierno del D. F.	15 019	0.3
Descentralizados del gobierno del estado	Descentralizado del gobierno del estado	Organismos descentralizados de los estados	CECYTE	287 780	6.6
			COBACH	637 338	14.7
			CONALEP	249 298	5.8
			EMSAD	83 865	1.9
			Bachilleratos estatales	5 006	0.1
			BINTERCULTURAL	883	0.0
Autónomo	Autónomo	UNAM	CCH	57 802	1.3
			ENP	50 628	1.2
		Universidades autónomas estatales	Bachillerato de las U. autónomas	428 409	9.9
Privado (AC)	Subsidio SEP, asociación civil	Asociación civil	PREFECO	48 265	1.1
Privados (subsidiados)	Subsidio estatal, municipal, particular o asociación civil	Organismos subsidiados por el estado	PREFECO	41 052	0.9
			TELEBACH	5 625	0.1
Privados		Instituciones particulares	Bachilleratos particulares	757 539	17.5

Debido a esta variabilidad de bachilleratos es que la RIEMS toma relevancia pues uno de sus objetivos es tener un Marco Curricular Común (MCC) a todos ellos, independientemente de su tipo. Según el *Acuerdo 442* (DOF, 2008), el MCC 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 y las dos primeras competencias serán comunes a toda la oferta académica del Sistema Nacional del Bachillerato. Sin embargo, cabe señalar que aún cuando pudiera lograrse cierta homogeneidad en las competencias a alcanzar por los estudiantes (aun cuando instituciones como la UNAM no se apeguen a este MCC), los contenidos de los programas de estudios permanecen a criterio de cada institución y dada



la complejidad en la estructura de este nivel educativo, la variabilidad de programas para este nivel es grande.

De este modo, queda claro que hacer un análisis de la educación obligatoria en química, lo primero será poner atención a las propuestas de estas dos reformas antes mencionadas, RIEB para la secundaria y RIEMS para el bachillerato, aunque en este último, habrá que tener en consideración la diversidad de instituciones y en todo caso, hacer una selección significativa.

## **2.2 Resultados de la evaluación educativa.**

Para tener una referencia de los logros académicos que estamos teniendo en los últimos años en el área de las ciencias donde se encuentra la química, conviene revisar los resultados obtenidos en las evaluaciones institucionales. Aunque queda claro que cualquier tipo de evaluación está sujeta a cierta crítica que implica desde la redacción y tipo de reactivos, hasta las condiciones de aplicación o la calidad de los aplicadores, lo cierto es que estos resultados sirven como referencia y punto de comparación tanto para evaluar los posibles cambios que se den en el tiempo de manera interna (por ejemplo, que se mejoren los puntajes de un año a otro) como para ubicar nuestro nivel con respecto a otros países (aún con todas las acotaciones que quepan). Todo lo anterior, con el propósito no sólo de hacer comparativos, sino de encontrar mecanismos que permitan mejorar la situación actual.

En el caso de la educación formal en México, la evaluación del logro académico para los niveles de educación preuniversitaria se da a partir de tres pruebas: dos de carácter nacional (EXCALE y ENLACE) y una de carácter internacional (PISA). A continuación se describen los resultados para la evaluación en ciencias (enfaticando en química, cuando es el caso) de cada una de ellas.

### **A) EXCALE**

El Instituto Nacional para la Evaluación Educativa (INEE), evalúa el logro educativo a partir de la aplicación de los *Exámenes de la Calidad y el Logro Educativos (EXCALE)* a muestras con representatividad nacional de estudiantes de 3° de preescolar, 3° y 6° de primaria, 3° de secundaria y grado terminal de Educación Media Superior. En esta prueba, se evalúan los conocimientos y habilidades que los alumnos deben aprender, exclusivamente en las áreas de español y matemáticas, por lo que no hay evaluación en ciencias.

## B) ENLACE<sup>18</sup>

La Evaluación Nacional de Logro Académico en Centros Escolares (ENLACE) es una prueba del Sistema Educativo Nacional que se aplica a planteles públicos y privados del país:

- En la Educación Básica, a estudiantes de tercero a sexto de primaria y jóvenes de primero a tercero de secundaria, en función de los planes y programas de estudios oficiales, específicamente en las asignaturas de *Español* y *Matemáticas*. Sin embargo, también se evalúa en distintos años, una tercera asignatura: en 2008 *Ciencias (I, II y III)*, en 2009 *Formación cívica y ética*, en 2010 *Historia*, en 2011 *Geografía* y en 2012 nuevamente *Ciencias*.
- En la Educación Media Superior: a jóvenes que cursan el último grado de bachillerato para evaluar sólo las competencias disciplinarias básicas de los Campos de Comunicación (Comprensión Lectora) y Matemáticas, por lo que no hay evaluación en ciencias en este nivel educativo.

El propósito, según el INEE, es generar una sola escala de carácter nacional que proporcione información comparable de los conocimientos y habilidades que tienen los estudiantes en los temas evaluados.

Para el análisis que nos interesa, se consideran los resultados obtenidos en la evaluación realizada a los estudiantes de 3º de secundaria (es decir, el curso de Ciencias III correspondiente a química) del año 2012. Los resultados globales, que comprenden tanto a la secundaria general, particular, técnica y la telesecundaria, se muestran en la Tabla 3:

**Tabla 3. Resultados globales de ENLACE para secundaria, 2012**

GRADO	ENTIDAD	AÑO	% GLOBAL				ALUMNOS
			INSUFICIENTE	ELEMENTAL	BUENO	EXCELENTE	
1º	NACIONAL	2012	16,2	57,1	25,1	1,5	1.812.421
2º	NACIONAL	2012	16,5	60,7	22,2	0,6	1.727.463
<b>3º</b>	<b>NACIONAL</b>	<b>2012</b>	<b>15,7</b>	<b>57,1</b>	<b>25,9</b>	<b>1,3</b>	<b>1.602.748</b>
GLOBAL	NACIONAL	2012	16,1	58,3	24,4	1,1	5.142.632

<sup>18</sup>El 2013 fue el último año que se aplicó la prueba ENLACE. A partir del ciclo escolar 2014-2015 se aplicó por parte del INEE el Plan Nacional para la Evaluación de los Aprendizajes (PLANEA) en el que se midieron las competencias sobre Matemáticas.

Como puede observarse, alrededor del 73% de los estudiantes de tercero de secundaria están en un nivel **elemental o insuficiente** respecto a los aprendizajes esperados de química de acuerdo al programa de estudios (aunque puede verse la misma tendencia para el caso de biología en el primer grado y física en el segundo grado). Esto sugiere que habrá que poner atención a la manera en la que se está realizando el proceso de enseñanza-aprendizaje en este nivel educativo considerando, la infraestructura, los docentes, el contexto social y por supuesto, el currículo.

### C) PISA

El Programa Internacional de Evaluación de Estudiantes (PISA) es una prueba elaborada por la OCDE, con aplicación cada tres años desde 1997. México se incorporó al programa en el año 2000.

Esta evaluación la resuelven estudiantes de 15 años en más de 50 países en el mundo y busca conocer en qué medida estos estudiantes han adquirido “los conocimientos y habilidades relevantes para participar activa y plenamente en la sociedad moderna” (PISA-SEP, 2012)

PISA evalúa competencias en tres áreas: matemáticas, ciencias (Física, Química, Ciencias biológicas y Ciencias de la tierra y el espacio) y lectura, enfatizando cada año en alguna de las tres áreas a evaluar, en el 2000 el énfasis fue en lectura; en 2003 en matemáticas; en 2006 en ciencias, en 2009 en lectura, el 2012 en matemáticas y así sucesivamente.

En el caso de la evaluación en ciencias, las tareas que los estudiantes deben realizar para la evaluación de su “competencia científica”, consisten en:

- Identificar temas científicos.
- Explicar científicamente fenómenos.
- Usar pruebas científicas.

De acuerdo con PISA, estas capacidades son esenciales por la importancia que guardan para una formación consistente en el campo de las ciencias y se seleccionaron por fundamentarse en la lógica, el razonamiento y el análisis crítico y se relaciona con el concepto de “alfabetización en ciencias”. Desafortunadamente, los resultados del estudio en México no son alentadores, ya que los estudiantes revelaron deficiencias en las tres competencias evaluadas.

Por ejemplo, en el 2006 (recordemos que fue la evaluación que tuvo énfasis en ciencias), nuestro país alcanzó el Nivel 2<sup>19</sup> (considerando un máximo de 6 niveles) en la

---

<sup>19</sup> En este Nivel 2 para esta competencia los estudiantes tienen la habilidad de determinar si una variable dada puede medirse científicamente en una investigación. Pueden reconocer la variable a ser manipulada por el investigador y también pueden apreciar la relación entre un modelo simple y el fenómeno que se está

media de desempeño para la competencia *Identificar temas científicos* (aunque tiene un 15% de estudiantes ubicados en el Nivel 0 y un 29% en el Nivel 1). En cuanto a la competencia *Explicar científicamente fenómenos*, México alcanza el promedio de Nivel 1<sup>20</sup> de desempeño. En la tercera competencia que es *Usar evidencia científica*, México alcanza en promedio el Nivel 1<sup>21</sup> de desempeño. En términos generales y considerando las tres competencias, **México se encuentra en un Nivel 2<sup>22</sup>** de desempeño en ciencias, prácticamente desde el año 2003(ver Tabla 4).

**Tabla 4. Puntajes en las evaluaciones PISA-México**

Competencias	PISA 2003	PISA 2006	PISA 2009	PISA 2012	PISA 2015
Matemáticas	385	406	419	413	408
Lectura	400	410	425	424	423
<b>Ciencias</b>	<b>405</b>	<b>410</b>	<b>416</b>	<b>415</b>	<b>416</b>
<b>Promedio en ciencias OCDE</b>	<b>498</b>	<b>501</b>	<b>501</b>	<b>501</b>	<b>493</b>

En este nivel, “los alumnos tienen un conocimiento científico adecuado para aportar posibles explicaciones en contextos familiares o para llegar a conclusiones basadas en investigaciones simples. Pueden razonar de manera directa y realizar interpretaciones literales de los resultados de una investigación científica o de la solución de problemas tecnológicos” (PISA-SEP, 2012). A diferencia del nivel 2, en el Nivel 6 se espera que “los estudiantes pueden identificar, explicar y aplicar el conocimiento científico y conocimiento sobre la ciencia de manera consistente en diversas situaciones complejas de la vida real. Relacionan distintas fuentes de información y explicación, y utilizan evidencias provenientes de esas fuentes para justificar sus decisiones. Son capaces de demostrar clara y consistentemente un pensamiento y un razonamiento científico avanzado, y demuestran disposición para usar su comprensión científica en la solución de situaciones científicas y tecnológicas inusuales. Utilizan el conocimiento científico y

---

configurando. En temas de investigación, los estudiantes seleccionan apropiadamente las palabras clave para realizar búsquedas.

<sup>20</sup> En el Nivel 1 de esta competencia, los estudiantes pueden reconocer relaciones simples causa y efecto, dadas las indicaciones relevantes; además su conocimiento científico deriva de un hecho científico particular que deriva de una experiencia propia o del dominio público.

<sup>21</sup> Las habilidades generales de los estudiantes que se ubican en este nivel en esta competencia, abarcan el poder extraer información de una lista de hechos o de algún diagrama, en un contexto familiar. También la pueden extraer de una gráfica de barras donde el requerimiento es una simple comparación de las alturas de las barras. En contextos comunes, y en los que el estudiante tiene alguna experiencia, los estudiantes de este nivel pueden atribuir un efecto a una causa.

<sup>22</sup> Los niveles de acuerdo con las puntuaciones son: Nivel 6 (+707.93), Nivel 5 (633.33- 707.93); Nivel 4 (558.73- 633.33); Nivel 3 (584.14- 558.73); Nivel 2 (409.54-484.14); Nivel 1 (334.94 - 409.54)

desarrollan argumentos que sustentan recomendaciones y decisiones centradas en contextos personales, sociales o globales” (PISA-SEP, 2012).

Si vemos los resultados más recientes de PISA para ciencias que corresponden a la evaluación realizada en el 2015 (Gráfico 1), no son muy diferentes a los años anteriores y nos colocan como uno de los últimos países de la OCDE (2016)<sup>23</sup>:

- El desempeño promedio de México en ciencias no ha variado desde el 2006. Sin embargo, entre los estudiantes que no alcanza los niveles básicos de competencia (bajo nivel 2), el rendimiento mejoró en 7 puntos promedio por cada 3 años entre el 2006 y el 2015.
- Menos del 1% de los alumnos mexicanos de 15 años alcanza los niveles de competencia más altos (niveles 5 y 6) en ciencias.
- El alumno promedio en México obtiene 416 puntos en ciencia. El puntaje promedio en la OCDE es de 493, una diferencia con México que equivale a poco menos de dos años de escolaridad.

Debido a que la evaluación PISA 2012 tuvo énfasis en matemáticas, el informe hace un comparativo con los resultados del 2003 y aunque no se hable específicamente de ciencias, cabe retomar algunos comentarios:

“México ha aumentado su rendimiento promedio en matemáticas y lectura, demostrando que es posible avanzar hacia mejores niveles de calidad educacional en un contexto de crecimiento de cobertura educacional. Sin embargo, la magnitud del desafío sigue siendo enorme [...] En matemáticas, el puntaje promedio mejoró desde 385 puntos en 2003 a 413 puntos en 2012 [...] De mantenerse las tasas de mejora actuales, a México le tomará más de **25 años para alcanzar los niveles promedio actuales de la OCDE en matemáticas y más de 65 años en lectura**“(OCDE, 2013: 3) [la negrita es nuestra]

Si observamos los datos de la Tabla 4 correspondientes a ciencias, vemos que del 2006 (énfasis en ciencias) a la fecha no hay cambios significativos en los puntajes, lo que indica que en una correlación simple con lo que señala la OCDE, nos llevaría mucho más de 25 años (¡quizá más de 65!) alcanzar los niveles promedio actuales para ciencias, demasiado tiempo si consideramos que en el mundo, el desarrollo de las ciencias y la

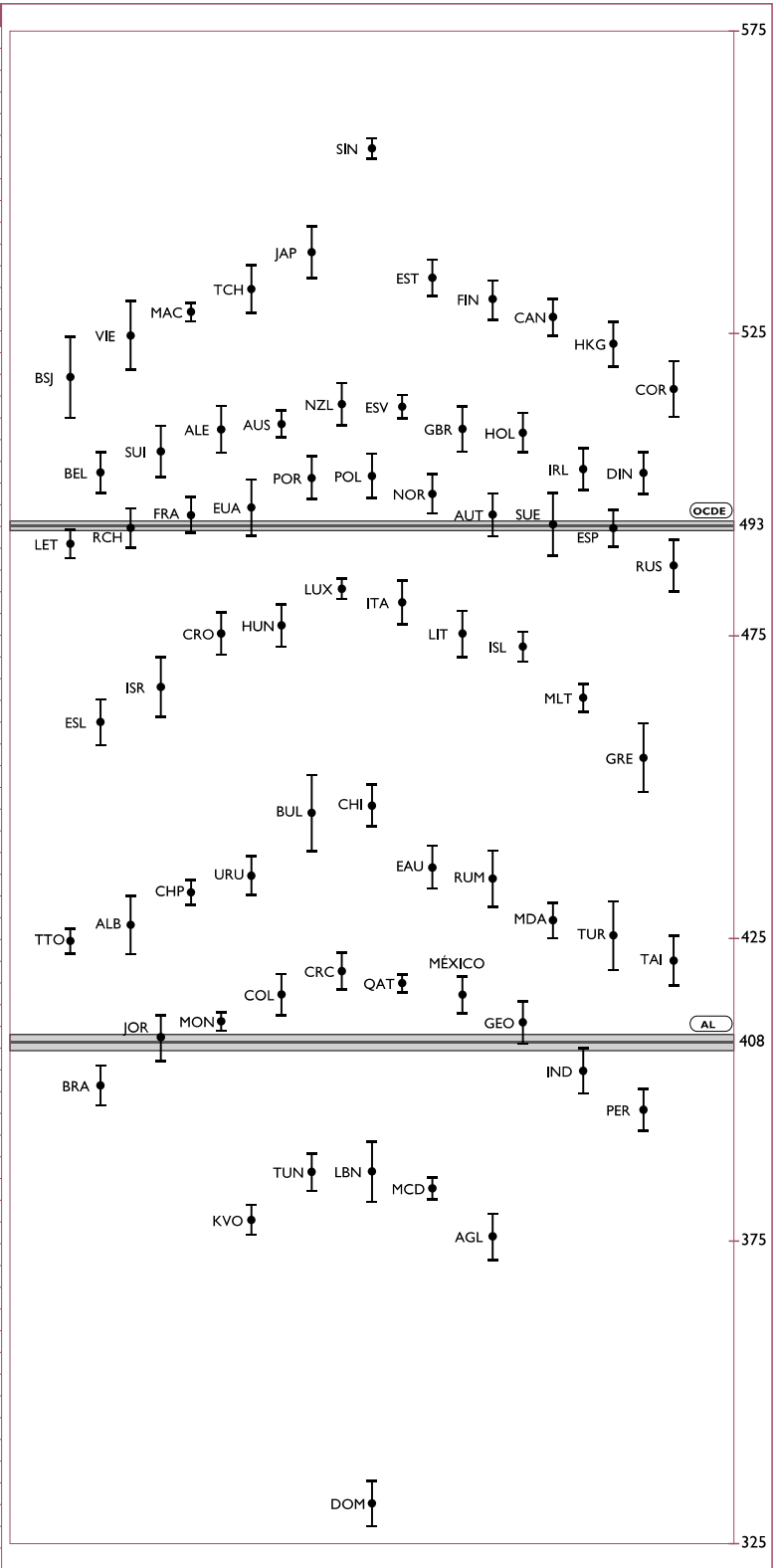
---

<sup>23</sup> Hay que aclarar que los países que aparecen por debajo de México: Montenegro, Jordania, Argentina, Brasil, Colombia, Túnez, Albania, Qatar, Indonesia, Perú, etc. no pertenecen a la OCDE y sólo están asociados a la prueba PISA.

tecnología avanza vertiginosamente... **Algo verdaderamente revolucionario hay que hacer y hacerlo ya.**

**Gráfico 1. Resultados en PISA-Ciencias en 2015 (INEE, 2016)**

Abrev	País	Media	ee
SIN	Singapur	556	1.2
JAP	Japón	538	3.0
EST	Estonia	534	2.1
TCH	Taipéi	532	2.7
FIN	Finlandia	531	2.4
MAC	Macao-China	529	1.1
CAN	Canadá	528	2.1
VIE	Vietnam	525	3.9
HKG	Hong Kong-China	523	2.5
BSJ	B-S-J-G-China	518	4.6
COR	Corea del Sur	516	3.1
NZL	Nueva Zelanda	513	2.4
ESV	Eslovenia	513	1.3
AUS	Australia	510	1.5
GBR	Reino Unido	509	2.6
ALE	Alemania	509	2.7
HOL	Holanda	509	2.3
SUI	Suiza	506	2.9
IRL	Irlanda	503	2.4
BEL	Bélgica	502	2.3
DIN	Dinamarca	502	2.4
POL	Polonia	501	2.5
POR	Portugal	501	2.4
NOR	Noruega	498	2.3
EUA	Estados Unidos	496	3.2
AUT	Austria	495	2.4
FRA	Francia	495	2.1
SUE	Suecia	493	3.6
RCH	República Checa	493	2.3
ESP	España	493	2.1
LET	Letonia	490	1.6
RUS	Federación Rusa	487	2.9
LUX	Luxemburgo	483	1.1
ITA	Italia	481	2.5
HUN	Hungría	477	2.4
LIT	Lituania	475	2.7
CRO	Croacia	475	2.5
ISL	Islandia	473	1.7
ISR	Israel	467	3.4
MLT	Malta	465	1.6
ESL	República Eslovaca	461	2.6
GRE	Grecia	455	3.9
CHI	Chile	447	2.4
BUL	Bulgaria	446	4.4
EAU	Emiratos Árabes Unidos	437	2.4
URU	Uruguay	435	2.2
RUM	Rumania	435	3.2
CHP	Chipre	433	1.4
MDA	Moldavia	428	2.0
ALB	Albania	427	3.3
TUR	Turquía	425	3.9
TTO	Trinidad y Tobago	425	1.4
TAI	Tailandia	421	2.8
CRC	Costa Rica	420	2.1
QAT	Qatar	418	1.0
COL	Colombia	416	2.4
MEX	MÉXICO	416	2.1
MON	Montenegro	411	1.0
GEO	Georgia	411	2.4
JOR	Jordania	409	2.7
IND	Indonesia	403	2.6
BRA	Brasil	401	2.3
PER	Perú	397	2.4
LBN	Libano	386	3.4
TUN	Túnez	386	2.1
MCD	República de Macedonia	384	1.2
KVO	Kosovo	378	1.7
AGL	Argelia	376	2.6
DOM	República Dominicana	332	2.6
OCDE	Promedio OCDE	493	0.4
AL	Promedio AL	408	0.8



### 3. ANÁLISIS DE LOS PROGRAMAS DE ESTUDIO

### **3.1 Marco de referencia<sup>24</sup>**

Para este estudio, se han propuesto seis ejes de análisis que se basan, por un lado, en las tres categorías de análisis curricular propuestas por Van Berkel, *et al.* (2000)<sup>25</sup> y por otro lado, en la inclusión de aspectos como la actividad experimental y la evaluación que son aspectos fundamentales (particularmente, tratándose de una disciplina experimental), de acuerdo a los resultados de la investigación educativa. Los ejes propuestos son los siguientes:

1. Estructura sustantiva paradigmática
2. Estructura sustantiva
3. Contexto
4. Historia y Naturaleza de la ciencia
5. Trabajos Prácticos
6. Evaluación

#### **EJE 1. ESTRUCTURA SUSTANTIVA PARADIGMÁTICA**

Hay una característica específica de las ciencias naturales y que las distingue de las demás disciplinas que integran los currículos escolares derivada de su propio desarrollo histórico y esta es su estructura curricular paradigmática. Thomas Kuhn es con Stephen Toulmin (Chamizo, 2007) 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 periodos de ruptura los llamó “revoluciones 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. El paradigma como un todo determina qué problemas se investigan, qué datos se consideran pertinentes, qué técnicas de investigación se utilizan. Sobre esto el sociólogo francés Pierre Bordieu (2003) agrega que el paradigma es el equivalente de un lenguaje o de una cultura y que determina las cuestiones que pueden ser planteadas y las que pueden ser excluidas, lo que se puede pensar y lo que es impensable.

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

---

<sup>24</sup>Los resultados de esta propuesta se han enviado para su publicación en el artículo: Chamizo, J. A. y Pérez, Y., Sobre la enseñanza de las Ciencias Naturales, a la *Revista Iberoamericana de Educación*, el 16 de diciembre de 2015 (ISSN: 1681-5653)

<sup>25</sup> Van Berkel, *et al.* Consideran tres tipos de estructuras: Estructura sustantiva, Estructura pedagógica y Estructura histórico-filosófica.



ciencia normal, tienen íntegramente, o en parte, que volver a escribirse” (Kuhn, 1971: 214).

Avalando su importancia, el mismo Kuhn reconoce que los libros de texto no indican cómo se construyó, ni cómo se construye el conocimiento científico (Kuhn, 1977: 210):

*Después de todo, los libros de texto se escriben tiempo después de los descubrimientos y los procedimientos de confirmación cuyos resultados registran. Además se escriben con propósitos pedagógicos. El objetivo de un libro de texto es el de darle al lector, de la manera más económica y fácil de asimilar, un enunciado de los que la comunidad científica contemporánea cree que sabe, así como de los usos principales que puede dársele a ese conocimiento. La información relativa a la forma en que se adquirió ese conocimiento –el descubrimiento– y a la razón de que haya sido aceptado por la profesión –confirmación– es, en el mejor de los casos, un exceso de equipaje. No obstante que incluir esa información podría aumentar los valores “humanistas” del texto y fomentar la educación de científicos más flexibles y creativos, haría también que el texto se alejara de la facilidad de aprender el lenguaje científico contemporáneo. Hasta la fecha sólo el último objetivo ha sido tomado en serio por la mayoría de los escritores de libros de texto de ciencias naturales. En consecuencia, aunque los textos sirvan para que los filósofos descubran la estructura lógica de las teorías científicas terminadas, es probable que sirvan más para confundir que para ayudar al neófito que reclama métodos productivos. Con la misma esperanza, podría buscarse en un libro de texto sobre lenguaje, de nivel universitario, la caracterización autorizada de la literatura correspondiente. Los textos sobre idiomas, como los textos científicos, enseñan a leer la literatura, pero no a crearla ni a evaluarla.*

Resultado de lo anterior y 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 (1963: 350-351):

*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, pidiéndosele 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.*

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. Así se puede interpretar el currículo de las diversas ciencias como educación científica normal con las siguientes características:

- 1) La educación científica normal prepara a los estudiantes para hacer ciencia normal.
- 2) La educación científica normal es la forma dominante y normal en la que se enseñan las ciencias en prácticamente todos los niveles, lo cual la hace paradigmática.
- 3) La educación científica normal contiene, de manera implícita, normas respecto a la ciencia, la filosofía y la pedagogía.

En pocas palabras la Estructura sustantiva paradigmática es lo que la mayoría de las personas de este país y del resto del mundo, con la educación adecuada, entienden por Biología, Física y desde luego, Química.

## EJE 2. ESTRUCTURA SUSTANTIVA

Permite el reconocimiento explícito de los temas propuestos en los programas correspondientes a cada nivel educativo e identificar cómo están organizados los contenidos: unidades, módulos, bloques, etc., y finalmente, recuperar los temas que pueden aparecer bajo el rubro de *temas*, *contenidos* o incluso, como *aprendizajes esperados* u *objetivos de aprendizaje*.

Particularmente, Sobre los contenidos que debe tener el currículo de química existe un buen número de opiniones que incluyen desde los temas que son centrales para la disciplina y le dan cuerpo (Gillespie, 1991; Spencer, 1992; Garritz; 1998; Atkins, 2005; Caamaño, 2006) hasta los que se consideran fundamentales para los estudiantes de niveles preuniversitarios (Gillespie, 1997; Quiléz, *et al.*, 2003; Caamaño, 2003). Una recopilación de estos contenidos se ha hecho ya por Padilla (2006) y Caamaño (2006) por lo que no es necesario retomarlos aquí, pero sí añadir, que más recientemente, Talanquer y Pollard (2010) han planteado a través del proyecto *Chemistry XXI* (para el primer curso de química general universitario), una nueva propuesta de contenidos basados en lo que ellos llaman “las maneras de pensar en química”, es decir, la manera en la que los químicos piensan y resuelven las preguntas propias de su disciplina. La propuesta de estos autores parte de ocho unidades temáticas que se describen en la Tabla 5:

**Tabla 5. Propuesta de contenidos para el proyecto Chemistry XXI (Talanquer y Pollard, 2010)**

Unidad	Concepto central en química
1. ¿Cómo distinguimos las sustancias?	Características de diferenciación. Cambios de fase Modelo de partículas de la materia. Elemento/compuesto; átomo/molécula. Mol y masa molar. Composición elemental
2. ¿Cómo determinamos la estructura?	Interacciones luz-materia. Estructura atómica Enlace covalente. Geometría molecular. Polaridad molecular.
3. ¿Cómo predecimos propiedades?	Compuestos moleculares. Compuestos macromoleculares. Compuestos iónicos. Sistemas metálicos.
4. ¿Cómo modelamos el cambio químico?	Reacción química. Conservación de materia y energía. Modelos de colisiones. Velocidad de reacción. Equilibrio químico.
5. ¿Cómo predecimos el cambio químico?	Entalpía y entropía de reacción. Energía libre de una reacción. Ley de velocidad y mecanismos de reacción. Estabilidad termodinámica/cinética
6. ¿Cómo controlamos el cambio químico?	Ácidos y bases. Equilibrio químico. Estabilidad de carga. Efectos electrónicos/estéricos. Control termodinámico/cinético.
7. ¿Cómo analizamos los sistemas químicos?	Procesos químicos básicos: Transferencia de electrones, compartición de electrones y transferencia de protones.
8. ¿Cómo aprovechamos la energía química?	Procesos electroquímicos. Procesos electrónicos

En otro contexto, los resultados de una encuesta aplicada a los profesores de química de la Escuela Nacional Preparatoria (ENP) de la UNAM (Gutiérrez y Crispín, 2010) indican que los contenidos que ellos consideran “esenciales” para un curso de química general en este nivel educativo son:

**Tabla 6. Contenidos considerados esenciales por profesores de la ENP (Gutiérrez y Crispín, 2010)**

Contenido	
1.	Materia, estados de agregación, cambios de fase. Conservación de la materia.
2.	Tabla periódica y propiedades periódicas.
3.	Símbolos, fórmulas y nomenclatura inorgánica.
4.	Enlaces químicos. Símbolos de Lewis.
5.	Clasificación de la materia: mezcla, compuesto, elemento.
6.	Cálculos estequiométricos. Mol.

7.	Ácidos, bases y pH. Neutralización y electrolitos.
8.	Energía. Ley de conservación de la energía. Reacciones exotérmicas y endotérmicas.
9.	Reacción química. Oxidación, neutralización, combustión.
1 0.	Disoluciones. Concentraciones.
1 1.	Composición de la materia (átomos, iones, moléculas).

Lo que podemos observar de todas las propuestas es que hay varias coincidencias en los contenidos que dan cuerpo a la química tales como la reacción química, los modelos de enlace o la energía involucrada en las transformaciones. Particularmente, en las propuestas dirigidas al nivel preuniversitario, los temas recurrentes son: átomos, moléculas e iones, el modelo atómico-molecular, los modelos de enlace químico, los diferentes tipos de reacciones químicas (análisis y síntesis), la periodicidad de las propiedades de los elementos y la energía involucrada en los procesos químicos. Sin embargo, considerando las coincidencias, la pregunta que surge es ¿qué de todo esto es lo que debe saber un estudiante al terminar la secundaria y el bachillerato sin dejar contenidos relevantes fuera, ni ser demasiado pretensiosos en cuanto al aprendizaje? En otras palabras *¿qué debe tener un currículo para que sea considerado de “química”?* Una respuesta a esta pregunta, la ha dado ya hace tiempo Chamizo (2001: 197): “Con los riesgos que ello conlleva a esta difícil pregunta, hemos intentado dar una respuesta desde hace varios años: química es una ciencia que tiene un lenguaje particular (las palabras y los conceptos de la química), un método propio (análisis y síntesis) y una manera específica de contar (empleando la unidad de cantidad de materia, el mol)”<sup>26</sup>. Esta respuesta, nos da una idea si no de todos los contenidos que debe haber en un currículo, al menos sí, de los que no deberían faltar.

Pero, al hablar de un currículo escolar en química no basta con tener una selección de contenidos, se debe considerar que cada uno de éstos, implica una complejidad para el aprendizaje que ha de tomarse en cuenta a la hora de determinar la profundidad a la que han de abordarse dependiendo del nivel educativo (secundaria o bachillerato) y sobre todo, su secuenciación.

Respecto a la secuenciación cabe señalar que desde un punto de vista didáctico, lo ideal sería aproximarse a los conceptos y a las teorías a un nivel cualitativo antes que cuantitativamente, así como disponer de un conocimiento vivencial (a través de la experimentación) de los fenómenos químicos antes de proponer su interpretación teórica (Caamaño, 1998). Asimismo, se requiere de tener claros los criterios que se utilizan para secuenciar: las características propias de los estudiantes, el tipo de contenido, los objetivos de aprendizaje, el contexto y las actividades de enseñanza-aprendizaje (Del

<sup>26</sup>La respuesta hace referencia al artículo: Garritz, A. and Chamizo, J.A., (1994) Chemistry teaching through the students world, *Journal of Chemical Education.*, 71, p. 143-145.

Carmen, 1995; Pedrinacci y Del Carmen, 1997) así como la consideración de un *currículum en espiral* (Bruner, 1969; Pedrinacci, 1997).

Específicamente en los niveles preuniversitarios, los contenidos conceptuales de química y su secuenciación no son lo único importante, por el contrario, en estos niveles educativos que aunque inducen a la elección de una carrera, son básicamente formativos (pensemos en términos de alfabetización en ciencias<sup>27</sup>), por lo que la contextualización de dichos contenidos toma una relevancia particular: dar sentido a los conceptos teóricos permite que los estudiantes encuentren el *por qué* y *para qué* del estudio de la disciplina, pero además, relacionen el contenido disciplinar con las ciencias en general y con aspectos comunes de la vida.

### EJE 3. CONTEXTO

Cada vez más se está cuestionando si un currículo escolar cerrado, puramente disciplinar en su organización y con una clara intención de preparación para cursos superiores es adecuado para las necesidades de hoy día. En varias investigaciones se resalta la falta de relevancia para mostrar la ciencia tal como se presenta en la vida cotidiana y en los medios de comunicación o las pocas oportunidades que ofrece a los estudiantes para que puedan discutir temas científicos actuales. Es por ello, que desde hace varios años se ha hablado de modificar esta visión cerrada y meramente conceptual, tratando de introducir aspectos que contextualicen la enseñanza (Bennet & Lubben, 2006; Parchmann *et al.*, 2006; Shwartz, 2006; Quilez, 2005; Linhorst, 2012).

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. También establece el sentido y valor de una palabra, frase o un fragmento. En el caso de la educación en química, el uso del contexto implica que los estudiantes sean capaces de dar significado al aprendizaje de la química, que experimenten su aprendizaje como relevante para algunos aspectos de sus vidas y sean capaces de construir ‘mapas mentales’ coherentes sobre la disciplina (Caamaño, 2006; Gilbert, 2006).

La manera de dar contexto en la enseñanza puede hacerse de muy diversas maneras y en un intento por caracterizarlas, Gilbert (2006)<sup>28</sup> ha establecido cuatro

---

<sup>27</sup> Entendemos por *alfabetización en ciencias* el “grado en el que un individuo, posee conocimientos científicos y los utiliza para identificar preguntas, adquirir nuevos conocimientos, explicar fenómenos científicos y extraer conclusiones basadas en pruebas sobre aspectos relacionados con la ciencia” (OCDE, 2007)

<sup>28</sup> Uno de los más importantes investigadores en la enseñanza de las ciencias, autor de diversos libros y editor de una de las más influyentes revistas sobre el tema el *International Journal of Science Education*

modelos usados para la enseñanza de la química, de los cuales aquí se rescatan los tres más importantes para establecer comparaciones:

**Modelo 1.** El contexto como la aplicación directa de los conceptos. Un uso común de la palabra contexto es para denotar la aplicación de los conceptos, o las consecuencias de esa aplicación, para ilustrar su uso y significado. 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 pueden comprenderlos más plenamente... Este tipo de modelo, por lo tanto, no cumple con los criterios para un plan de estudios basado en el contexto porque:

- no introduce a los estudiantes al desarrollo social, espacial, y el marco temporal de un comunidad específica de práctica;
- no proporciona una tarea de aprendizaje de alta calidad, debido a que los comportamientos del entorno son incompletos casi hasta el punto de la invisibilidad;
- no proporciona un vehículo para que los estudiantes adquieran el uso coherente de un lenguaje concreto; y
- requiere muy poco conocimiento previo del “contexto” que de ninguna manera es significativo. (Gilbert, 2006: 966).

**Modelo 2.** El contexto como la reciprocidad entre conceptos y aplicaciones. En este modelo, no sólo 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 inferida 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:

- un artefacto tecnológico, un proceso o una experiencia
  - las interacciones entre tecnología y sociedad
  - un problema social relacionado con la ciencia o la tecnología
  - un contenido de las humanidades que arroja luz sobre un problema social relacionado con la ciencia y la tecnología
  - una cuestión filosófica, histórica o social dentro de la comunidad científica o tecnológica. (Gilbert, 2006: 967)
-

**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, la investigación científica que se desarrolla en ese campo, y el debate sobre las implicaciones sociales de la tecnología subsiguiente. Otros ejemplos son las novedades relacionadas con el cambio climático global, la comida ‘saludable’ y la obesidad, y la ‘economía del hidrógeno’...Tal modelo representaría un curso en el que:

- *Los profesores y los estudiantes se ven a sí mismos como participantes de una "comunidad de práctica", con interacciones productivas sobre una base regular.*
- *Esto se cumple más fácilmente cuando el curso se lleva a cabo en un sostenido entorno de indagación. El entorno de aprendizaje es proporcionado por una tarea o problema de tal naturaleza como para facilitar fácilmente la participación comunal del maestro y los estudiantes ante una amenaza real, en oposición a una investigación artificial.*
- *Los problemas a resolver deben ser ejemplificaciones claras de conceptos científicos importantes, que permitan a los estudiantes el desarrollo de lenguajes específicos.* (Gilbert, 2006: 970)

Como vemos, aunque todos estos modelos apelan a la contextualización, algunos pudieran ser más deseables que otros. Por ejemplo, aunque en los modelos 1 y 2 hay un interés por “acercar” el contenido teórico a los aspectos “cotidianos” del aprendizaje, no deja de ser el propio contenido teórico el que dirige el aprendizaje. El contexto, es en realidad una “aplicación” del contenido que intenta darle cierto sentido y significado. En los casos de los modelos 3 y 4, el contexto es el marco de referencia para el aprendizaje, es a partir del contexto que se desarrolla la “necesidad de saber” y de usar los modelos teóricos para incorporarlos en la comprensión de lo que se estudia (Bennet & Lubben, 2006; Pilot & Bulte, 2006).

La estrategia de abordar la enseñanza de la ciencia haciendo consideración del contexto, empezó desde los años 1970's y desde entonces se han diseñado diferentes programas en varios países, de entre ellos: *Chemistry in context (CiC)* en Estados Unidos, *Salter's Advanced Chemistry (Salters)* del Reino Unido<sup>29</sup>, *Industrial Chemistry (IC)* en Israel, *Chemie in Context (ChiK)* en Alemania y *Chemistry in Practice (ChiP)* en Holanda (Pilot & Bulte, 2006), cada uno de ellos con más o menos éxito dependiendo del modelo al cual se apegan. En México, la enseñanza de la ciencia ha intentado introducir aspectos CTS (Modelo 2 según Gilbert), pero hasta ahora, parece no haber dado los resultados

---

<sup>29</sup> El proyecto *Salter's* ha tenido aplicación no sólo en Inglaterra y Gales sino también ha sido adaptado en otros países como Bélgica, China (Hong Kong), Nueva Zelanda, Rusia, Escocia, Eslovenia, España, Suiza y EU (Bennett & Lubben, 2006)

esperados. Quizá el mero “acercamiento” de los contenidos a la “vida cotidiana” de los estudiantes no sea suficiente y haga falta una contextualización a partir de otros modelos considerando aspectos históricos, filosóficos, sociológicos y sobre todo, a partir del planteamiento de situaciones problemáticas que resulten interesantes para los propios estudiantes.

#### EJE 4. HISTORIA Y NATURALEZA DE LA CIENCIA

Desde hace tiempo, hay un consenso entre diversos investigadores sobre la pertinencia de incluir la historia de la ciencia en la educación en ciencias, incluida la química (Russell, 1981; Niaz y Rodríguez, 2001; Bertomeu y Belmar, 2008; Gooday *et al.*, 2008; Chamizo, 2011a; Höttecke y Silva, 2011). Las razones son varias y abarcan aspectos tales como que el enfoque histórico dentro de la enseñanza: i) permite por un lado, que los profesores identifiquen más fácilmente las ideas previas de sus estudiantes y su resistencia al cambio y por otro, que los estudiantes reconozcan por sí mismos las limitaciones de estas ideas (Wandersee, 1986; Monke y Osborne, 1997); ii) favorece que los estudiantes comprendan aspectos relacionados con la naturaleza de la ciencia y entiendan que el conocimiento científico es provisional, que es una construcción colectiva y que depende del contexto histórico y social (Leite, 2002; Marinho y Fortuna; 2008; Tolaven *et al.*, 2013) y sobre todo, iii) ayuda a que los estudiantes comprendan mejor la naturaleza, uso, alcances y limitaciones de los diferentes modelos utilizados dentro de la disciplina (Chamizo, 2007; Talanquer, 2011).

Sin embargo, es importante decir que no podemos caer en el error de pensar que “cualquier historia es mejor que ninguna” pues la manera en la que la historia sea introducida en la enseñanza, determinará el tipo de imagen de ciencia (de química), de los científicos y de la práctica científica que tendrán los estudiantes (Leite, 2002; Bertomeu y Belmar, 2008). De este modo, el carácter hagiográfico que aparece tradicionalmente en los libros de texto y los currículos escolares, no es lo deseable, por el contrario, aunque no es menospreciable la mención y reconocimiento de los personajes importantes de la historia, el objetivo es que a través del conocimiento histórico, los estudiantes tomen conciencia de la colectividad en el quehacer científico, de las diferentes maneras (modelos) con las que se ha dado explicación a los fenómenos de la naturaleza a lo largo del tiempo y de cómo y por qué han ido cambiando.

A pesar de que la introducción de aspectos históricos y filosóficos en la enseñanza parece tener varios aspectos favorables que redundan en un mejor aprendizaje de los estudiantes, también hay que decir que existen obstáculos que dificultan su introducción. Höttecke y Silva (2010) establecen al menos cuatro: 1) la cultura de la enseñanza de la disciplina, 2) las habilidades, actitudes epistemológicas y didácticas y las creencias de los profesores respecto a su disciplina, 3) el marco institucional de la enseñanza de la ciencia (que incluye el marco curricular) y 4) los libros de texto como soporte didáctico fundamental. Desde nuestra perspectiva, el marco curricular es uno de los aspectos



determinantes para la buena, mala o nula consideración de la historia dentro de la enseñanza pues por un lado, constituyen el marco de referencia para el diseño de los cursos de formación y actualización para profesores y por otro, determinan el contenido desarrollado en los libros de texto.

Para el análisis de la Naturaleza de la Ciencia se asumen los trabajos desarrollados por Lederman (2002, 2007) que consensan diversas posturas, todas sobre la epistemología del conocimiento científico y que a pesar de diversas controversias<sup>30</sup> son las más utilizadas en la literatura especializada. Este consenso que considera acuerdos mínimos entre historiadores y filósofos, su accesibilidad a los estudiantes, y su utilidad por los ciudadanos se centra en siete puntos:

**1. La naturaleza empírica de la ciencia**, donde se reconoció que a lo largo de la historia, los científicos no tienen acceso directo a la mayoría de los fenómenos naturales. Por eso construyen modelos, para parcialmente explicar y predecir. Se afirma que: *Los estudiantes deben ser capaces de distinguir entre la observación y la inferencia [...] La comprensión de la distinción crucial entre la observación y la inferencia es un precursor para dar sentido a la multitud de entidades inferencial y teóricas y términos que habitan en los mundos de la ciencia.* (Lederman et al., 2002: 500)<sup>31</sup>.

**2. La diferencia entre teorías y leyes científicas.** Es decir, *las leyes son enunciados descriptivos de las relaciones entre los fenómenos observables. . . mientras que las teorías, por contraste, son explicaciones inferidas de fenómenos observados o regularidades en los fenómenos. . . Las teorías y las leyes son diferentes tipos de conocimiento y uno no lo hace convertirse en el otro* (Lederman et al., 2002: 500).

**3. El conocimiento científico apela a la imaginación y la creación.** *La ciencia no es una actividad únicamente ordenada y racional... las entidades científicas, como los átomos o las especies, son modelos científicos, más que copias de la realidad* (Lederman et al., 2002: 500).

**4. La “carga de teoría” del conocimiento científico.** Aquí se sostiene que: *Los compromisos teóricos y disciplinarios de los científicos, sus creencias, conocimientos previos, formación profesional experiencias y expectativas en realidad influyen en su trabajo. Todos estos factores contribuyen en la formación de una mentalidad que afecta a los problemas que los científicos investigan y la forma en que llevan a cabo sus investigaciones.* (Lederman et al., 2002: 501)

---

<sup>30</sup> Como el hecho de que ya se discuta sobre la naturaleza de las ciencias, es decir se acepte la diversidad de las tradiciones científicas y se consideren con más amplitud aspectos sociales (Hodson, 2014) o que requiera una mayor articulación filosófica (Matthews, 2012).

<sup>31</sup> O también que: *Hacemos modelos en ciencia, pero también en la vida corriente. El realismo “dependiente del modelo” se aplica no sólo a los modelos científicos, sino también a los modelos mentales conscientes o subconscientes que todos creamos para interpretar y comprender el mundo cotidiano... Nuestra percepción no es directa, sino más bien está conformada por una especie de lente, a saber, la estructura interpretativa de nuestros cerebros humanos.* (Hawking y Mlodinow, 2010: 55)

5. **La inserción cultural y social del conocimiento científico.** Donde se mantiene que: *La ciencia como una empresa humana se practica en el contexto de una cultura más amplia y sus practicantes son el producto de esa cultura. La ciencia, afectada se ve afectada por los diversos elementos y esferas intelectuales de la cultura en que está inmersa.* (Lederman et al., 2002: 501).

6. **El mito del “método científico”** donde se sostiene que: *No existe una solo método científico que garantice el desarrollo de conocimiento infalible... y no hay una secuencia única de actividades... que infaliblemente lleven [a los científicos] a soluciones o respuestas funcionales o válidas.* (Lederman et al., 2002: 502).

7. **La provisionalidad del conocimiento científico,** donde se afirma que: *El conocimiento científico, aunque fiable y duradero, nunca es absoluto o cierto. Este conocimiento, incluyendo los hechos, teorías y leyes, está sujeto a cambios* (Lederman et al., 2002: 502).

### EJE 5. TRABAJOS PRÁCTICOS

Dos de los resultados más importantes de la reciente investigación sobre la enseñanza experimental<sup>32</sup> han sido, en primer lugar, reconocer que el propósito fundamental del mismo, en la enseñanza de las ciencias, es permitir que los alumnos relacionen el complejo mundo real presente con el de los conceptos construidos a lo largo de la historia.

De esta manera, los trabajos prácticos son los referentes fenomenológicos indispensables para que los estudiantes interaccionen con los procesos o fenómenos naturales y para que, a través de esto, desarrollen los procesos cognoscitivos complejos, que les lleven a conformar sus representaciones y conceptualizaciones, con las que haga posible el aprendizaje de los conceptos científicos (Chamizo, 2012). Del mismo debate 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:

1. **Ejercicios prácticos.** Diseñados para desarrollar técnicas y destrezas específicas (prácticas, intelectuales o de comunicación) o para realizar experimentos que ilustren o corroboren la teoría. Son uno de los recursos más comunes del trabajo experimental. A pesar de su valor educativo restringido, representan para muchos docentes el paradigma de la enseñanza experimental: medir; clasificar plantas, animales, minerales; construir circuitos eléctricos; utilizar pruebas de ensayo para identificar diversos materiales, entre otras actividades. Aquí se colocan también el aprendizaje de las técnicas necesarias para utilizar instrumentos (microscopios, multímetros, aparatos de destilación, etcétera), o,

---

<sup>32</sup> Como se puede ver en: Abrahams y Millar, 2008; Barbera y Valdés, 1996; Caamaño, 2003; Cooper y Kerns, 2006; Hodson, 1994; Izquierdo, 1999; Psillos y Niedderer, 2002, Valdez, 2012)

cuando sucede, los procedimientos para capacitar en seguridad o separar los residuos producidos en los laboratorios de enseñanza.

2. **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. Algunos ejemplos son: observar las estrellas u organismos vivos, ya sea en el laboratorio o en el campo, o las ondas en una cubeta, quemar magnesio, disolver un metal en un ácido, comparar la dureza o la elasticidad de diversos materiales.

3. **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. Evidentemente, la posibilidad de los estudiantes para hacer una investigación depende de la carga conceptual de ésta, de la claridad de la pregunta, del número de variables a controlar, de la complejidad de las medidas a realizar, y de la familiaridad que tengan los estudiantes con este tipo de trabajos.

## EJE 6. EVALUACIÓN

Este tema ha sido discutido y frecuentemente olvidado en la construcción del currículo. Por ello es importante recordar la propuesta de Gil y Martínez (2005: 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, sumativa, entre otras. A continuación se presenta una breve descripción de cada una de ellas.

1. La **evaluación diagnóstica** permite conocer cuál es la situación de los estudiantes, sus necesidades, perfiles, conocimientos previos, entre otros, así como valorar las competencias y dificultades, al principio de un curso o de un tema, con el fin de organizar las estrategias de enseñanza. Al mismo tiempo permite que los estudiantes tomen conciencia de sus fortalezas y debilidades.

2. La **evaluación formativa** tiene lugar durante todo el proceso de aprendizaje y su función es, principalmente, apoyar dicho proceso, entender las causas de las dificultades, así como reorientar o modificar las intervenciones pedagógicas. Al alumno le brinda información acerca de sus dificultades y le ayuda a comprender, interpretar y corregir sus errores. Todas las intervenciones de éste (con el profesor, con otros estudiantes, con el material didáctico) son oportunidades de evaluación (o autoevaluación).

3. La **evaluación sumativa** proporciona información de los niveles alcanzados por los estudiantes en todos los aspectos del curso al final del mismo. Es un balance que se concreta con el otorgamiento de una calificación. Además de que, con ella, los profesores pueden tomar una decisión de orientación o de selección en función de los aprendizajes adquiridos. A manera de resumen, los ejes propuestos para el análisis se pueden resumir en la Tabla 7.

### **3.2 Metodología**

Dado que el tema central de este trabajo es la educación en química preuniversitaria, se han elegido para el análisis curricular los siguientes programas de estudio:

a) *Para la secundaria:*

- Programa de Estudios correspondiente a la RIEB, Ciencias III (SEP, 2011).

b) *Para el bachillerato:*

- Programas de Estudios de la Dirección General de Bachillerato (DGB): Química I y II (SEP, 2011). A este programa de estudios, se apegan escuelas como el Colegio de Bachilleres (CoBach), los Centros de Estudio de Bachillerato (CEB), la Escuela Preparatoria Lázaro Cárdenas, el Telebachillerato (TELEBACH), que constituyen alrededor del 20% de los estudiantes en este nivel educativo (ver Tabla 2).

**Tabla 7. Ejes propuestos para el análisis curricular**

EJE	CARACTERÍSTICAS
-----	-----------------

I. Estructura sustantiva paradigmática	Reconoce los contenidos de la disciplina en función de lo que se conoce como la “ciencia normal” y se ve reflejado en los libros de texto.
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. Contexto	La contextualización de los contenidos puede ser de tres tipos: <ol style="list-style-type: none"> <li>1. El contexto como la aplicación directa de los conceptos</li> <li>2. El contexto como la reciprocidad entre conceptos y aplicaciones</li> <li>3. El contexto como las circunstancias sociales</li> </ol>
IV. Historia y Naturaleza de las Ciencias	Se pueden identificar una o varias de las siguientes posturas filosóficas: <ol style="list-style-type: none"> <li>1. La naturaleza empírica de la ciencia.</li> <li>2. Las teorías y las leyes científicas.</li> <li>3. La condición imaginativa y creativa del conocimiento científico.</li> <li>4. La “carga de teoría” del conocimiento científico.</li> <li>5. La inserción cultural y social del conocimiento científico.</li> <li>6. El mito del “método científico”</li> <li>7. La provisionalidad del conocimiento científico.</li> <li>0. Cuando se identifican posturas filosóficas contrarias a las anteriores.</li> </ol>
V. Trabajos Prácticos	Se identifica uno o varios de los siguientes tipos de actividades: <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Ejercicios prácticos.</li> <li>2. Experiencias</li> <li>3. Investigaciones <ol style="list-style-type: none"> <li>a. documentales</li> <li>b. experimentales</li> </ol> </li> </ol>
VI. Evaluación	Se reconoce la propuesta de algún tipo de evaluación: <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Diagnóstica</li> <li>2. Formativa</li> <li>3. Sumativa</li> </ol>

- Programas de la Dirección General de Bachillerato Tecnológico (DGETI): Química I y II (SEP, 2011). Este programa de estudios es adoptado por el (CETIS) y el (CBTIS) que constituyen alrededor del 13.5% de los estudiantes en este nivel educativo (ver Tabla 2).
- Programas del bachillerato de la UNAM: Química III (ENP, 1996) y Química I y II (CCH, 2006). Aunque el bachillerato de la UNAM comprende sólo el 2.5% de los estudiantes en este nivel educativo de acuerdo con los datos para el ciclo escolar 2011-2012 (INEE, 2013), es una de las instituciones educativas más importantes del país. Además, sus programas de estudio son adoptados por alrededor de 311 instituciones privadas en 349 sedes (UNAM, 2013), por lo que consideramos importante analizar su estructura, sobre todo si tomamos en cuenta que el 19.7 % de los alumnos en este nivel educativo estudian en escuelas privadas (ver Tabla 2).

Antes de continuar con los análisis, es necesario hacer algunas aclaraciones sobre el programa de la secundaria. Para la justificación de este trabajo, hemos observado los resultados tanto de las pruebas ENLACE (del 2012) como PISA (del 2006 y del 2012) y ya hemos hablado de los lamentables resultados. Estamos conscientes de que estos resultados corresponden a ciclos escolares previos a la aplicación del programa de estudios de Ciencias 3 correspondiente a la RIEB, por lo que podría pensarse que con la reforma curricular, los resultados en estas pruebas podrían ser distintos. Sin embargo, hemos comparado los programas de estudio tanto del 2006 (al que le corresponden los resultados de las pruebas) como el de 2011 (correspondiente a la RIEB) y no hay grandes diferencias.

En el Anexo 1, se puede ver la estructura general por bloques, los contenidos y su secuenciación: las diferencias son mínimas y corresponden por ejemplo, a cambios de formato (en un programa se habla de “temas y subtemas”, en otro de “contenidos”), a pequeños cambios de secuencia para algunos temas dentro de un mismo bloque (el contenido de la sección “Tú decides” del programa del 2006 a veces cambia de lugar o desaparece en el programa del 2011) o a una mayor o menor descripción del contenido (que casi siempre se subsana al observar los aprendizajes esperados). Las diferencias más evidentes entre uno y otro programa son más bien de forma (formatos, secciones, sugerencias didácticas, etc.) que de fondo (contenidos, secuenciación, aprendizajes esperados, visión de la ciencia) por lo que consideramos que un análisis bajo los criterios que hemos establecido, sería válido para ambos programas aunque sólo nos enfocaremos al de 2011 (de la RIEB) que es el que está vigente al tiempo de la realización de este estudio, aunque estamos conscientes de los posibles cambios a partir de la Reforma Educativa aprobada a inicios de 2013.

### **3.3 Resultados de la revisión curricular**

#### **3.3.1 La química en el nivel medio: Programa de Ciencias 3 (SEP).<sup>33</sup>**

En México, la enseñanza de la química como tal se da en el último año del nivel medio (secundaria), en el curso denominado Ciencias III, correspondiente a los Programas de Estudio 2011 para la Educación Básica de la RIEB (SEP, 2011).

De acuerdo con el propio programa de estudios, en el caso de Ciencias III, la “intención” es que los alumnos:

*brinden mejores explicaciones sobre algunos fenómenos naturales por medio de actividades experimentales y de la construcción e interpretación de modelos, donde se empleen habilidades, como la identificación y el análisis de las propiedades y los cambios de los materiales, además de la energía. Se hace énfasis en los modelos como una herramienta esencial para el aprendizaje de la química, al mismo tiempo que se consideran sus alcances y limitaciones [...] Además, considera la perspectiva histórica, por lo que plantea tres grandes momentos del desarrollo de la química a partir de las revoluciones de la química: la ley de la conservación de la masa; la clasificación de los elementos químicos en la Tabla Periódica, así como los enlaces y la estructura de los compuestos químicos. (SEP, 2011: 61)*

Los contenidos del programa se encuentran distribuidos en cinco bloques temáticos:

- Bloque I. Las características de los materiales
- Bloque II. Las propiedades de los materiales y su clasificación química
- Bloque III. La transformación de los materiales: la reacción química
- Bloque IV. La formación de nuevos materiales
- Bloque V. Química y tecnología

Para cada uno de estos bloques, se establecen las competencias que se pretende desarrollen los estudiantes, los contenidos teóricos y la descripción de los aprendizajes esperados. Al finalizar cada uno de los bloques se plantea un proyecto de investigación que deberá ser desarrollado por los estudiantes a partir de un par de preguntas sugeridas. El último bloque únicamente corresponde al desarrollo de proyectos.

Antes de iniciar el análisis, conviene poner énfasis en tres aspectos relevantes y en términos generales, favorables del programa. El primero de ellos es la propuesta de realización de proyectos de investigación: de entrada estamos seguros de que este tipo de propuestas es adecuada para el desarrollo de diversas habilidades como la búsqueda

---

<sup>33</sup>Los resultados de este análisis se han enviado para su publicación: Pérez, Y. y Chamizo, J.A. Análisis curricular de la enseñanza de la química en México en los niveles preuniversitarios. Parte I: La educación básica, *Enseñanza de las Ciencias*. Enviado el 9 de noviembre de 2015 (Datos de identificación: 1974-10142-1-SM)

e interpretación de información, el planteamiento de preguntas, la comunicación de ideas, el trabajo colaborativo, entre otras. Sin embargo, queda por analizar si el tipo de proyectos que se plantean, los aprendizajes esperados y la ubicación de dichos proyectos es lo más adecuado para un enfoque constructivista como el que se plantea en el propio programa.

El otro asunto relevante es la inclusión de aspectos históricos que es poco común en los programas de estudio no sólo en niveles preuniversitarios, sino inclusive en niveles de educación superiores. Aunque de entrada esto es un acierto de acuerdo con el marco teórico antes discutido, habrá que analizar la manera en la que se introducen estos temas, cuál es el objetivo, qué tipo de contenidos y aprendizajes se proponen y sobre todo qué imagen de la química se consigue con esta inclusión.

Y el tercer aspecto tiene que ver con la consideración de las tres dimensiones que constituyen la química (Johnstone, 1982):

- Macroscópica, que corresponde a representaciones mentales que proceden de la realidad observable.
- Sub-microscópica, correspondiente a la interpretación de procesos que no pueden ser directamente observados.
- Simbólica, que involucra la representación de conceptos químicos.

A lo largo de los diferentes bloques y contenidos, se ponen de manifiesto estas tres dimensiones. Por ejemplo, se sugiere la observación de diversas reacciones químicas (macroscópica) a la vez que se representan mediante ecuaciones (simbólica) y se abordan aspectos relacionados con el enlace químico (sub-microscópica).

### EJE 1. ESTRUCTURA SUSTANTIVA PARADIGMÁTICA.

Para identificar esta estructura, se hizo una revisión de los libros de texto que los documentos curriculares de los cursos generales profesionales (universidades, politécnicos y/o tecnológicos) reconocen explícitamente. Se seleccionaron aquellos libros que son coincidentes entre las escuelas, ampliamente traducidos y con varias ediciones. En la Tabla 8 se pueden ver los contenidos secuenciados que forman parte de esta estructura.



**Tabla 8. Estructura Sustantiva Paradigmática de Química en México**

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

Como se verá, esta estructura no es exclusiva de un nivel educativo, en general, la mayoría de estos temas habrán de verse con diferente profundidad a lo largo de la educación formal preuniversitaria en México con todo lo que eso implica: hay que reconocer que los libros de texto, constituyen un elemento de poder que contribuye a la “uniformización lingüística de una disciplina, a la nivelación cultural y a la propagación de las ideas dominantes” (Occelli, y Valeiras, 2013: 134) de una disciplina, pero que en muchas ocasiones, al centrarse en los contenidos, no permiten la reflexión sobre otro tipo de aspectos histórico-filosóficos, por lo que propician “una imagen de la ciencia inconexa a partir de descubrimientos aislados realizados por científicos que trabajan individualmente, lo cual no permite comprender verdaderamente cómo es la ciencia, cómo funciona y cómo se representa” (Farías *et al*, 2013: 129).

### EJE 2. ESTRUCTURA SUSTANTIVA

En la Tabla 9 se puede ver un concentrado de los contenidos correspondientes al curso de química de la secundaria, tal y como se describen en el propio programa:

**Tabla 9. Estructura Sustantiva para química en la Educación secundaria**

BLOQUE	TEMAS
I. Las características de los materiales.	La ciencia y la tecnología en el mundo actual. Identificación de las propiedades físicas de los materiales. Experimentación con mezclas. ¿Cómo saber si la muestra de una mezcla está más contaminada que otra? Primera revolución de la química. Proyectos (ejemplo de pregunta opcional). Integración y

	<p>aplicación:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ¿Cómo funciona una salinera y cuál es su impacto en el ambiente?</li> </ul>
<p>II. Las propiedades de los materiales y su clasificación química.</p>	<p>Clasificación de los materiales.  Estructura de los materiales.  ¿Cuál es la importancia de rechazar, reducir, reusar y reciclar los metales?  Segunda revolución de la química.  Tabla periódica: organización y regularidades de los elementos químicos.  Enlace químico.  Proyectos (ejemplo de pregunta opcional). Integración y aplicación:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ¿Cuáles son las implicaciones en la salud o el ambiente de algunos metales pesados?</li> </ul>
<p>III. La transformación de los materiales: la reacción química.</p>	<p>Identificación de cambios químicos y el lenguaje de la química.  ¿Qué me conviene comer?  Tercera revolución de la química.  Comparación y representación de escalas de medida.  Proyectos (ejemplo de pregunta opcional). Integración y aplicación:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ¿Cómo elaborar jabones?</li> </ul>
<p>IV. La formación de nuevos materiales.</p>	<p>Importancia de los ácidos y las bases en la vida cotidiana y en la industria.  ¿Por qué evitar el consumo frecuente de los “alimentos ácidos”?  Importancia de las reacciones de óxido y de reducción.  Proyectos (ejemplo de pregunta opcional). Integración y aplicación:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ¿Cómo evitar la corrosión?</li> </ul>
<p>V. Química y tecnología.<sup>34</sup></p>	<p>Proyectos (ejemplos de preguntas opcionales). Integración y aplicación:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ¿Qué aportaciones a la química se han generado en México?; ¿De qué están hechos los cosméticos y cómo se elaboran?; ¿Cuáles son las propiedades de algunos materiales que utilizaban las culturas mesoamericanas?; ¿Puedo dejar de utilizar los derivados del petróleo y sustituirlos por otros compuestos?</li> </ul>

<sup>34</sup> Este último bloque está destinado al trabajo por proyectos, cuyo objetivo es que los estudiantes apliquen los conocimientos adquiridos durante los cuatro bloques anteriores. Se presentan una serie de preguntas que pueden servir como punto de partida para la realización del proyecto o bien, el estudiante puede proponer algún tema de investigación.

Lo primero que hay que considerar del programa de Ciencias III, es el número y tipo de contenidos que se abordan. Tenemos un gran listado:

1. Propiedades físicas de los materiales.
2. Mezclas: clasificación, concentración y métodos de separación de mezclas.
3. Ley de la conservación de la masa.
4. Sustancias puras (compuestos y elementos)
5. Modelo corpuscular.
6. Modelo de Bohr
7. Partículas subatómicas
8. Electrones de valencia y relación con la estructura
9. Representación del enlace químico a partir de estructuras de Lewis.
10. Representación mediante simbología química: elementos, moléculas, átomos e iones.
11. Propiedades físicas de los metales
12. Tabla periódica: elementos representativos
13. Carácter metálico, valencia número y masa atómica
14. Abundancia de elementos (C, H, O, N, P, S) y su importancia para los seres vivos
15. Enlace químico covalente e iónico
16. Propiedades de los materiales a través de su estructura.
17. Reacción química: identificación del cambio químico, propiedades de reactivos y productos, escritura y balanceo de ecuaciones químicas
18. Energía de las reacciones químicas (calor)
19. Estructura de Lewis
20. Electronegatividad
21. Enlace y electronegatividad
22. Escalas de medición
23. Unidades de medida: caloría y mol
24. Ácidos y bases (Modelo de Arrhenius)
25. Reacciones de óxido-reducción
26. Número de oxidación

Como podemos observar, este programa es muy extenso en cuanto al número de conceptos de química que deberán saber los estudiantes al finalizar el curso. Sin duda, incluye los aspectos mencionados por Chamizo (2001) para cumplir con un currículo de química:

- Un lenguaje particular (las palabras y los conceptos de la química): a lo largo del curso se abordan distintos conceptos químicos y específicamente en el Bloque II se habla de la simbología química para elementos, moléculas, átomos e iones y en el Bloque III se aborda la escritura de reacciones químicas.
- Un método propio (análisis y síntesis): en los Bloques I y II se habla de las propiedades de los materiales y en los bloques III se estudian las reacciones químicas.
- Una manera específica de contar: en el Bloque III se aborda el concepto del “mol”.

Sin embargo, habría que preguntarse si con tal cantidad de contenidos es posible profundizar lo suficiente como para que los estudiantes realmente comprendan todos estos conceptos. Si miramos los contenidos propuestos por Talanquer y Pollard (2010),

para un currículo de química a nivel universitario vemos que prácticamente son los mismos y por lo tanto, para la secundaria parecen demasiados –aun cuando el nivel de profundización sea menor- sobre todo si consideramos que en un nivel preuniversitario de carácter formativo como lo es la secundaria, el énfasis no debe estar en lo conceptual sino en el análisis crítico y reflexivo que permita desarrollar diversas competencias (Vilches *et al*, 2004; OCDE, 2007).

El hecho de tener tantos contenidos implica que su revisión será superficial y difícilmente se podrá lograr el tan ansiado “cambio conceptual” (Pozo, 1989). Si consideramos el tiempo de clase dedicado a la química en el curso de Ciencias III, tenemos que esta asignatura se imparte en 6 sesiones de 50 minutos cada semana. Para un ciclo escolar normal, se tienen un aproximado de 42 semanas de clase<sup>35</sup> por lo que tendríamos un total de 252 sesiones dedicadas a la química. Por otro lado, los aprendizajes esperados en el programa (sin considerar los proyectos) son alrededor de 50, esto significaría que en una distribución muy simple del tiempo, para cada aprendizaje se tendrían que destinar no más de 5 sesiones<sup>36</sup>. Esto podría no ser grave para aprendizajes como “*Compara la escala astronómica y la microscópica considerando la escala humana como punto de referencia*” pero, para otro tipo de contenidos (cambio químico, enlace químico, mol, modelo ácido-base, reacciones redox, etc.) cuyo aprendizaje es complicado, el tiempo es absolutamente insuficiente: no hay que olvidar que algunas propuestas relacionadas con el logro del cambio conceptual implican, al menos: 1) indagar las ideas previas de los estudiantes, 2) diseñar actividades que constituyan un “conflicto cognitivo” para las ideas de los estudiantes (planteamiento de situaciones problemáticas), 3) usar analogías y modelizaciones y 4) hacer una evaluación (Pozo, 1989; Rodríguez-Moneo y Aparicio, 2004).

En diversos trabajos de investigación, se sugiere el diseño y aplicación de secuencias de actividades (unidades didácticas) para abordar distintos temas de química que son complejos y en todos ellos se destinan numerosas horas de clase que implican no menos de 10 sesiones. Por mencionar algunos ejemplos, tan sólo para abordar el tema “cantidad de sustancia y mol” Furió, Azcona y Guisasola (2006) proponen hasta 13 sesiones de clase. En el proyecto didáctico *Matter and Molecules, MAM* (Berkheimer *et al.*, s/f) se proponen hasta 35 sesiones de clase para abordar el “Modelo cinético molecular (átomos y moléculas)”. En otro caso, tenemos el tema de “Enlace químico” estudiado por García y Garritz (2006: 121) en el que se plantea una unidad didáctica de 10 sesiones y los resultados<sup>37</sup>, expresados en palabras de los autores, son:

---

<sup>35</sup>Aunque el calendario escolar indique 43 semanas de clase, se considera un aproximado de 7 días de asueto.

<sup>36</sup> Por supuesto, este tiempo es una aproximación pues depende de muchos factores: de las condiciones académicas del grupo, del criterio del profesor, del tipo y número de actividades experimentales que se realicen, del tiempo que se designe para la elaboración y comunicación de los trabajos de investigación y claro, del tiempo destinado a otro tipo de actividades escolares propias de cada institución.

<sup>37</sup> Cabe hacer notar que estos resultados derivan de la aplicación de una secuencia aplicada a estudiantes de bachillerato, en donde se supondría que los alumnos ya tienen cierto conocimiento del tema de enlace químico desde en la secundaria.

“La estrategia específica de enseñanza ha sido una secuencia constructivista propuesta por Driver y Scott que descansa fuertemente en el análisis y la discusión de las ideas estudiantiles como método de enseñanza aprendizaje. *Es evidente, después de la aplicación de la unidad didáctica, que la estrategia no consigue (o no ha sido detectado) un cambio revolucionario, radical, en las concepciones de los alumnos respecto al enlace químico*; sin embargo, también es evidente que existen algunas modificaciones en estas concepciones, que nos dejan pensar que ésta ha sido eficaz en la mejor comprensión de los fenómenos relacionados con el enlace”. [la cursiva es nuestra].

Como podemos ver, a pesar del tiempo invertido, los resultados no son contundentes en cuanto al logro del cambio conceptual y aunque podría discutirse la metodología, el diseño de la secuencia didáctica, o inclusive el propio “cambio conceptual”, lo cierto es que el aprendizaje de algunos temas en química requiere de un conjunto de actividades, de análisis y de reflexiones por parte de los estudiantes que no pueden realizarse ni con poco tiempo ni con poco esfuerzo, de ahí que la selección de contenidos a abordar en un curso básico es fundamental. El sólo hecho de mencionar los temas teóricos en un repaso superficial es equivalente a no abordarlos desde el punto de vista del aprendizaje conceptual de los estudiantes. Además, hay que añadir que al tratar de introducir tantos conceptos, aunque sólo sean tratados superficialmente, se destina un tiempo que podría ser usado para el desarrollo de otro tipo de habilidades y competencias.

Para ilustrar lo anterior, tomemos como ejemplo una de las habilidades de comunicación que se pretende desarrollen los estudiantes: la argumentación. A lo largo de los bloques del programa, se pide en distintos momentos que los estudiantes “argumenten”, tal y como se muestra en la Tabla 10.

**Tabla 10. La argumentación en el programa de Ciencias III**

Contenido	Aprendizaje esperado
<b>BLOQUE I</b>	
<u>Primera revolución de la química.</u> Aportaciones de Lavoisier: la Ley de conservación de la masa.	Argumenta la importancia del trabajo de Lavoisier al mejorar los mecanismos de investigación (medición de la masa en un sistema cerrado) para la comprensión de los fenómenos naturales.
<u>Proyectos.</u> ¿Cómo funciona una salinera y cuál es su impacto en el ambiente?/ ¿Qué podemos hacer para recuperar y reutilizar el agua del ambiente?	Argumenta y comunica las implicaciones sociales que tienen los resultados de la investigación científica
<b>BLOQUE II</b>	
<u>Segunda revolución de la química</u> El orden en la diversidad de las sustancias:	Argumenta la importancia y los mecanismos de la comunicación de ideas y productos de la

aportaciones del trabajo de Cannizzaro y Mendeleiev	ciencia como una forma de socializar el conocimiento
<u>Proyectos:</u> ¿Cuáles elementos químicos son importantes para el buen funcionamiento de nuestro cuerpo? / ¿Cuáles son las implicaciones en la salud o el ambiente de algunos metales pesados?	Argumenta y comunica, por diversos medios, algunas alternativas para evitar los impactos en la salud o el ambiente de algunos contaminantes
<b>BLOQUE III</b>	
<u>Tercera revolución de la química</u> Tras la pista de la estructura de los materiales: Aportaciones de Lewis y Pauling.	Argumenta los aportes realizados por Pauling en el análisis y la sistematización de sus resultados al proponer la tabla de electronegatividad

Nadie duda que la habilidad de argumentar es deseable no sólo en los estudiantes de secundaria sino en todas las personas ya que es una de las operaciones mentales que el ser humano ha desarrollado para comunicarse, para evidenciar, plantear y resolver problemas, defender una postura, sustentar, llegar a acuerdos, propiciar consenso, convencer, debatir y tomar decisiones (Revel, *et al*, 2005; De la Chaussée, 2009; Plantin, 2009). Sin embargo, más allá de que los estudiantes tengan los conocimientos teóricos suficientes para argumentar lo que se les pide, la investigación educativa ha mostrado que conseguir que los estudiantes en niveles preuniversitarios tengan un buen nivel de competencia argumentativa en las clases de ciencias es complicado, aún cuando se tenga un trabajo expresamente dedicado a desarrollarla (Sardá y Sanmartí, 2000; Prian, 2007; Jiménez-Aleixandre y López, 2009; Solbes *et al.*, 2010; Gasca, 2013; Pérez y Chamizo, 2013; Torres, 2013).

La mayoría de estas investigaciones apuntan a que la habilidad de argumentar es un proceso que debe desarrollarse a lo largo del tiempo, pero sobre todo, que requiere de un escenario perfectamente establecido e intencionado que permita a los estudiantes no sólo comprender lo que es argumentar sino también poder hacerlo. En este sentido, Gasca (2013: 215) establece que: “es importante plantear a los alumnos estrategias y ejercitaciones previas sobre los distintos tipos de argumentos, pues ante tanta diversidad, es fácil que se confundan, pues no se les puede pedir que argumenten de la nada”. En otras palabras, no basta con decir “argumenta”, se debe establecer todo un marco de referencia que permita a los estudiantes hacerlo, tal y como lo establece Prian (2007, p. 126):

“Hay que recordar que no hay “recetas” a la hora de enseñar argumentación escrita. Se trata de diseñar situaciones didácticas que contemplen la producción para destinatarios reales, que se seleccionen temas polémicos, se consulten fuentes diversas, se formulen los argumentos posibles a favor y en contra, se jerarquicen ideas, se textualicen, revisen y reescriban [...] Efectivamente, la enseñanza de la argumentación escrita no es magia, es didáctica”.

Con esto que no pretendemos sugerir que dada la complejidad, no habría que pedirles a los estudiantes que argumenten, todo lo contrario: hay que hacerlo, pero para ello, habría que tener en cuenta el tema sobre el cual se pide la argumentación, cuáles son los conocimientos previos que requiere tener un estudiante para poder argumentarlo y sobre todo, considerar que hay que diseñar actividades<sup>38</sup> expresamente dedicadas al logro de este objetivo que requieren su propio tiempo y espacio. Por lo tanto, el número de contenidos quizá debería reconsiderarse a favor del desarrollo de esta (y otras) competencia. Volvemos insistir: apostemos por la calidad por encima de la cantidad.

Respecto a la secuenciación de los contenidos, el programa está secuenciado en función de tres aspectos generales de los materiales: qué son, sus propiedades, su clasificación y su transformación. Aspectos que se vinculan temporal y conceptualmente con 3 periodos de la química identificados como “revoluciones de la química” (Jensen, 1998; Chamizo, 2014).

### EJE 3. CONTEXTO

En el programa de estudios queda claro el enfoque Ciencia-Tecnología-Sociedad-Ambiente, a través de la introducción de diversos contenidos tal como se muestra en la Tabla 11.

**Tabla 11. Contenidos de acuerdo al enfoque CTS-A**

Bloque	Contenido
<b>I</b>	Efectos en la salud de los contaminantes de las mezclas. PROYECTO: Cómo funciona una salinera e impacto en ambiente// Qué podemos hacer para recuperar y reutilizar el agua del ambiente.
<b>II</b>	Relación de propiedades de metales c/ aplicaciones tecnológicas. PROYECTO: elementos químicos importantes para el buen funcionamiento de nuestro cuerpo/ implicaciones a la salud de los metales pesados.
<b>III</b>	Dieta saludable PROYECTO: ¿Cómo elaborar jabones? ¿de dónde obtiene la energía el cuerpo humano?
<b>IV</b>	Acidez en alimentos / acidez estomacal/riesgos en la salud Procesos redox en la vida diaria e industriales PROYECTO: Cómo evitar la corrosión/ impacto de combustibles y alternativas de solución

Sin embargo, la introducción de los mismos se hace básicamente a la manera de los Modelos 1 y 2 de la clasificación de Gilbert: el contexto CTS-A, sirve como aplicación del concepto teórico que es el aspecto determinante del currículo. Una vez “aprendido” cierto concepto, se le busca una aplicación que valide tal contenido (lo cual también se

<sup>38</sup> Aunque en este análisis no se incluye una discusión respecto al papel del profesor y las cualidades y conocimientos que idealmente debería tener, no nos es ajeno que en muchos casos, los profesores no tienen una adecuada formación pedagógica que les permita contribuir al proceso de desarrollo de este tipo de habilidades y competencias en sus estudiantes independientemente de lo establecido en el propio currículo.

relaciona con la secuenciación, a veces incomprensible, del programa). Para dar muestra de esto, veamos detalladamente el Bloque III:

**Tabla 12. Descripción del Bloque III.**  
**Las transformaciones de los materiales: la reacción química**

Contenido	Aprendizaje esperado
<p>1. <i>Identificación de cambios químicos y el lenguaje de la química</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Manifestaciones y representación de reacciones químicas (ecuación química).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Describe algunas manifestaciones de cambios químicos sencillos (efervescencia, emisión de luz o calor, precipitación, cambio de color).</li> <li>• Identifica las propiedades de los reactivos y los productos en una reacción química.</li> <li>• Representa el cambio químico mediante una ecuación e interpreta la información que contiene.</li> <li>• Verifica la correcta expresión de ecuaciones químicas sencillas con base en la Ley de conservación de la masa.</li> <li>• Identifica que en una reacción química se absorbe o se desprende energía en forma de calor.</li> </ul>
<p>2. <i>¿Qué me conviene comer?</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• La caloría como unidad de medida de la energía.</li> <li>• Toma de decisiones relacionada con: Los alimentos y su aporte calórico.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Identifica que la cantidad de energía se mide en calorías y compara el aporte calórico de los alimentos que ingiere.</li> <li>• Relaciona la cantidad de energía que una persona requiere, de acuerdo con las características tanto personales (sexo, actividad física, edad y eficiencia de su organismo, entre otras) como ambientales, con el fin de tomar decisiones encaminadas a una dieta correcta.</li> </ul>
<p>3. <i>Tercera revolución de la química</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tras la pista de la estructura de los materiales: aportaciones de Lewis y Pauling.</li> <li>• Uso de la tabla de electronegatividad.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Explica la importancia del trabajo de Lewis al proponer que en el enlace químico los átomos adquieren una estructura estable.</li> <li>• Argumenta los aportes realizados por Pauling en el análisis y la sistematización de sus resultados al proponer la tabla de electronegatividad.</li> <li>• Representa la formación de compuestos en una reacción química sencilla, a partir de la estructura de Lewis, e identifica el tipo de enlace con base en su electronegatividad</li> </ul>
<p>4. <i>Comparación y representación de escalas de medida</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Escalas y representación.</li> <li>• Unidad de medida: mol</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Compara la escala astronómica y la microscópica considerando la escala humana como punto de referencia.</li> <li>• Relaciona la masa de las sustancias con el mol para determinar la cantidad de sustancia.</li> </ul>
<p><i>Proyectos: ahora tú explora, experimenta y actúa (preguntas opcionales)*</i></p> <p><i>Integración y aplicación</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ¿Cómo elaborar jabones?</li> <li>• ¿De dónde obtiene la energía</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Selecciona hechos y conocimientos para planear la explicación de fenómenos químicos que respondan a interrogantes o resolver situaciones problemáticas referentes a la transformación de los materiales.</li> <li>• Sistematiza la información de su investigación con el fin de que elabore conclusiones, a partir de gráficas,</li> </ul>



el cuerpo humano?	experimentos y modelos. <ul style="list-style-type: none"> <li>• Comunica los resultados de su proyecto de diversas maneras utilizando el lenguaje químico, y propone alternativas de solución a los problemas planteados.</li> <li>• Evalúa procesos y productos de su proyecto, y considera la efectividad y el costo de los procesos químicos investigados.</li> </ul>
-------------------	---

Como vemos, el tema central del Bloque III, de acuerdo con su título es la reacción química con la que se inicia la primera lección del bloque y con la que se pretenden abordar los diferentes tipos de reacciones a través ejemplos “sencillos” con énfasis en su representación a partir de las ecuaciones químicas. Para finalizar la lección, uno de los aprendizajes es que el alumno identifique que hay energía involucrada en estas reacciones, específicamente en forma de calor. Para dar “cuenta” de esto y dar una contextualización “cercana” a los estudiantes, la siguiente lección aborda “*los alimentos y su aporte calórico*”. Aunque en principio parece que hay relación entre ambas lecciones, lo cierto es que esta segunda lección retoma más bien, aspectos del “bien comer” y de tener una “dieta saludable”, más que de profundizar en la relación reacción química-energía. Quizá, en un intento por abordar este aspecto, al final del bloque se propone como proyecto “*¿De dónde obtiene la energía el cuerpo humano?*”, sin embargo, por como está planteado parece habersele dado respuesta desde la propia lección 2: en una lógica simple, si no es de los alimentos de donde obtiene energía el cuerpo humano ¿para qué hablar de “los alimentos y su aporte calórico”? El proyecto final en conjunción con la lección 2, no parecen tener mucho sentido.

Otro “proyecto” que no comprendemos es el que se pretende derive de la pregunta: *¿Cómo elaborar jabones?* Quizá se proponga para mostrar que a través de las reacciones químicas se obtienen productos “útiles”, aunque no es clara esta intención. Además, si quisiéramos vincular el proyecto con el contenido del bloque, se tendría que hablar de la reacción de saponificación, pero ¿es esta reacción adecuada desde el punto de vista de los reactivos y productos involucrados con los conocimientos que hasta ahora han adquirido los estudiantes? Probablemente no y por lo tanto, ese ejemplo de reacción química no sea el idóneo, pero además, si uno de los aprendizajes esperados en los proyectos, es: *Selecciona hechos y conocimientos para planear la explicación de fenómenos químicos que respondan a interrogantes o resolver situaciones problemáticas referentes a la transformación de los materiales*, qué tipo de situación problemática se genera con esta pregunta –tal como está planteada- si la elaboración de un jabón, corresponde prácticamente a una “tecnología doméstica”<sup>39</sup>.

Nos parece insuficiente la aclaración hecha en la sección *Trabajo por proyectos* del propio programa, en la que se establece que los alumnos “podrán optar por alguna de

<sup>39</sup> En la página de la *Revista del Consumidor* (<http://revistadelconsumidor.gob.mx/>) en su sección *Tecnología doméstica PROFECO*, se dan varios procedimientos de elaboración sencillos para diversos productos como el jabón (jabones de avena, jabón reafirmante, jabón líquido para manos, entre otros) para los cuales no se requiere un conocimiento químico previo, son recetas.

las preguntas sugeridas en los bloques, tomar éstas como base y orientarlas o, bien, plantear otras que permitan cumplir con los aprendizajes esperados” (SEP, 2011: 25) debido a que el formular una pregunta de investigación no es un trabajo sencillo ya que requiere de un gran trabajo previo con los estudiantes (Pérez, 2010; Ríos, 2013). Aun suponiendo que los alumnos plantearan nuevas problemáticas, hay que recordar que las consideradas en el programa sirven como modelos, “como base”, por lo que habría que dar, entonces, mejores bases.

Por otro lado, y de acuerdo a lo que hemos visto en el modelaje de Gilbert, concluir con la “aplicación” de los conceptos es una pobre manera de contextualizar. Aunque no podamos dar una respuesta contundente, en este momento cabe hacerse la pregunta: ¿qué pasaría si lejos de finalizar con un proyecto, la posibilidad de investigación se planteara desde el inicio?

En primer lugar, tal vez estaríamos aproximándonos a un mejor modelo de contextualización (Modelo 3) en el que la situación problemática es el que determina la necesidad de aprender y comprender nuevos conceptos. Pero además, también se estaría más cerca de desarrollar un verdadero “Trabajo por proyectos”. Aunque en el programa de estudios se hace alusión a este concepto y se mencionan los tres tipos de proyectos planteados por LaCuesta (1998): proyectos científicos, tecnológicos y ciudadanos, no consideran que la misma autora establece lo que son los “Falsos proyectos”, es decir:

- las tareas para la casa, que consisten en buscar información sobre un tema señalado por el docente;
- las experiencias de laboratorio, en las que los estudiantes siguen instrucciones paso a paso, sin reflexión o análisis;
- las encuestas elaboradas por el docente o el texto, que los estudiantes se limitan a procesar bajo instrucciones externas;
- las indagaciones realizadas a partir de problemas que se plantea el docente, un equipo de docentes o el programa oficial, y para las cuales se correlacionan contenidos programáticos de manera más o menos forzada.

Como vemos, lo que se plantea en el programa no es trabajo por proyectos, es otra cosa y “a veces algunas de estas labores pueden resultar valiosas, pero no las clasificamos como proyectos sino, si califican, como trabajos cortos. Para ser proyectos les falta la fuerza de la iniciativa y de la autogestión infantil [del estudiante]” (LaCuesta, 1998: 169). Quizá valdría la pena repensar lo propuesto en el programa.

Finalmente, un comentario más sobre la contextualización tiene que ver con los temas que se utilizan para hacerlo. En los *Propósitos para el estudio de las Ciencias Naturales en la Educación Básica* que aparecen en el Programa de Ciencias III, se establece que los estudiantes:

- Participen en el mejoramiento de su calidad de vida a partir de la toma de decisiones orientadas a la promoción de la salud y el cuidado ambiental, con base en el consumo sustentable.
- Aprecien la importancia de la ciencia y la tecnología y sus impactos en el ambiente en el marco de la sustentabilidad.

Por lo que queda claro que la mayoría de los temas que se utilizan para tratar de contextualizar se vinculan tanto con la salud como con el ambiente, y aunque en los proyectos finales parece haber una “apertura” a otro tipo de temas como: los materiales elásticos, la química en México, los cosméticos, o los derivados del petróleo, consideramos que esta aproximación a otros temas es muy pobre pues el estudiante, en el mejor de los casos, ha de elegir sólo alguno de ellos<sup>40</sup>. Hay que recordar que la química es la ciencia de los materiales, por lo que éstos deben estar más que presentes a lo largo de un curso de química de cualquier nivel educativo, además, hay que considerar que si pretendemos contribuir a una sociedad alfabetizada en ciencias, hay que también hablar de temas que hoy se leen en las noticias y sobre los cuales un ciudadano común debe poder tomar decisiones: los bio-, nano- y otros materiales deben tener cabida en algún momento del mismo modo en el que lo tienen la salud o el ambiente.

#### EJE 4. HISTORIA Y NATURALEZA DE LA CIENCIA

La intención de hablar de la historia de la química en el programa es evidente, inclusive se dice en la introducción del mismo que se considera “la perspectiva histórica” a partir de “las revoluciones de la química”. Aunque de acuerdo a lo antes expuesto en el marco teórico la inclusión de la perspectiva histórica debería ser lo adecuado, la pregunta es si la manera en la que aquí es introducida es realmente beneficiosa para el aprendizaje de los estudiantes. En la Tabla 13 se apuntan los temas relacionados con la historia de la química.

<b>Tabla 13. El abordaje de la historia en el programa de Ciencias III</b>
BLOQUE I: “Primera revolución de la química: Aportaciones de Lavoisier: ley de la conservación de la masa”
BLOQUE II: “Segunda revolución de la química: El orden en la diversidad de las sustancias: aportaciones del trabajo de Cannizaro y Mendeleiev”.
BLOQUE III: “Tercera revolución de la química: Tras la pista de la estructura de los materiales: aportaciones de Lewis y Pauling”.

Ya antes hemos discutido algunos aspectos relacionados con los temas históricos y su pertinencia respecto a los conocimientos previos de los estudiantes. En este

<sup>40</sup> Debido a que estos proyectos se encuentran hasta el último bloque, la posibilidad real de que los profesores dediquen tiempo suficiente a ellos disminuye considerablemente.

momento, nos centraremos en lo relacionado con la visión de la química que se pretende dar en el programa a través de estudiar su historia.

El primer asunto que salta a la vista es la introducción del concepto “revolución científica”. Nos queda claro que hablar de “revoluciones químicas” bajo el criterio establecido por Khun (1971) podría ser pertinente para los análisis histórico-filosóficos relacionados con las ciencias en general y con la química en particular (Jensen, 1998; Chamizo, 2011a). Sin embargo, para un estudiante de secundaria no nos parece que sea significativo hablar en estos términos pues se requiere de ciertos conocimientos previos que permitan entender lo elementos que constituyen una revolución en términos kuhnianos. Lo anterior, independientemente de que esta identificación de revoluciones sea sólo una manera de entender el desarrollo de la química: hay algunos investigadores que consideran poco adecuado establecer periodos concretos de revoluciones y de cambios de paradigmas precisos, debido a que los cambios, si bien ocurren, lo hacen de manera paulatina, y la aceptación del nuevo paradigma no es unánime ni sin discusión de la comunidad científica (Nieto-Galán, 2003)

Por otro lado, tal y como se abordan las tres revoluciones en el programa, pareciera que éstas se deben a la “sabiduría” de uno o dos personajes célebres: Lavoisier en la primera, Cannizaro y Mendeleiev en la segunda y Lewis y Pauling para la tercera, lo cual corresponde con mostrar el carácter hagiográfico de la historia que tan criticado ha sido por varios historiadores de la ciencia (Smeaton, 1989; Bensaude-Vincent, 1996b; Bertomeu, 2008) pues excluye el trabajo de un buen número de personas que trabajaron y contribuyeron con su esfuerzo y pensamiento para poder concretar los cambios que caracterizan estas revoluciones. De este modo, las aportaciones de Guyton de Morveau, Berthollet, Frankland, Kekulé, Soddy, Ostwald o Bragg (por citar sólo a algunos contemporáneos a estas revoluciones), se pasan por alto enalteciendo a un par de personajes. Por supuesto, no pretendemos sugerir que en un curso de química de la secundaria deban ser mencionados todos los protagonistas de la historia de la química, por el contrario, nos parece que centrar el abordaje de la historia en la vida y obra de los personajes, no es ni la única ni la mejor manera.

En el caso de la secundaria, claramente se propone el abordaje de aspectos relacionados con la naturaleza de la ciencia en la descripción de los *Aprendizajes esperados*:

- a) Bloque I: “2. Identifica el carácter tentativo del conocimiento científico y las limitaciones producidas por el contexto cultural en el cual se desarrolla.” (SEP, 2013: 66)
- b) Bloque II: “3. Argumenta la importancia y los mecanismos de la comunicación de ideas y productos de la ciencia como una forma de socializar el conocimiento.” (SEP, 2013: 67)
- c) Bloque III: “2. Argumenta los aportes realizados por Pauling en el análisis y la sistematización de sus resultados al proponer la tabla de electronegatividad”. (SEP, 2013: 68)

Con estos ejemplos, vemos que en la secundaria se pretende que concepción de la ciencia a enseñar implique: que hay componente de subjetividad en el quehacer científico (se refiere ampliamente a personajes específicos: además de Pauling, se hace referencia al trabajo de Lavoisier, Cannizaro y Mendeleiev), que es una construcción colectiva influenciada por la cultura, y que tiene un carácter tentativo (aspectos 3, 5 y 7 de la caracterización de NC en la Tabla 7).

### EJE 5. TRABAJOS PRÁCTICOS

En el ensayo denominado “Sobre el experimento químico”, dice Chamizo (2011b: 15): “la química actual es la empresa tecnocientífica más productiva. Lo sepamos o no, nos guste o no nos guste, los cerca de 7 mil millones de personas que habitamos este planeta vivimos en un mundo artificial construido fundamentalmente a partir de experimentos químicos”, estamos de acuerdo. Por ello, consideramos que la actividad experimental debe estar presente en todo momento durante el proceso de aprendizaje de esta disciplina en cualquier nivel educativo.

En el caso del programa de Ciencias III, en el cuerpo del texto de la *Guía para el docente del Programa de Ciencias* (SEP, 2011), en donde se incluye el programa de Ciencias III se hace referencia al trabajo experimental en diferentes momentos. Por ejemplo, en el punto 3. *Habilidades asociadas a la ciencia*, se establece que el estudiante: “Planea y realiza experimentos que requieren de análisis, control y cuantificación de variables” (p. 18). En otro momento, en las *Orientaciones didácticas* de la página 143, se establece que: “Por ello, es recomendable hacer algunos experimentos simples y algunas preguntas clave que los lleve a plantearse la necesidad de construir un modelo de explicación. Como ya se mencionó anteriormente, es recomendable hacer algunos experimentos que involucren a los tres estados de agregación”. Es decir, queda claro que se le propone al profesor que el estudiante realice trabajo experimental. Sin embargo, a lo largo de la descripción de los bloques y contenidos, sólo se hace explícita la realización de experimentos en cuatro ocasiones (Tabla 14).

**Tabla 14. Contenidos que abordan la experimentación de manera explícita**

Bloque	Contenido:	Aprendizaje esperado
I	<b>Experimentación</b> con mezclas	Deduce métodos de separación de mezclas con base en las propiedades físicas de sus componentes
	Proyectos. ¿Cómo funciona una salinera y cuál es su impacto en el ambiente? / ¿Qué podemos hacer para recuperar y reutilizar el agua del ambiente?	Identifica <b>mediante experimentación</b> , algunos de los fundamentos básicos que se utilizan en la investigación científica escolar.

IV	Importancia de las reacciones de óxido y de reducción.	Identifica el cambio químico en algunos ejemplos de reacciones de óxido-reducción en <b>actividades experimentales</b> y en su entorno.
V	Proyectos. ¿Cómo se sintetiza un material elástico?/ ¿Qué aportaciones a la química se han generado en México? / ¿Cuáles son los beneficios y riesgos del uso de fertilizantes y plaguicidas?/ ¿De qué están hechos los cosméticos y cómo se elaboran?/ ¿Cuáles son las propiedades de algunos materiales que utilizaban las culturas mesoamericanas?/ ¿Cuál es el uso de la química en diferentes expresiones artísticas?/ ¿Puedo dejar de utilizar los derivados del petróleo y sustituirlos por otros compuestos?	Diseña y elabora objetos técnicos, <b>experimentos</b> o modelos con creatividad, con el fin de que describa, explique y prediga algunos procesos químicos relacionados con la transformación de materiales y la obtención de productos químicos.

En el resto de contenidos que tendrían que ver con la realización de experimentos, se recurre a la expresión “identifica”, sin proponer algún tipo de trabajo experimental o recurriendo a actividades poco adecuadas. Por ejemplo, sorprende encontrar en la sección “Planificación” (en la que se ejemplifica cómo planificar las actividades con los contenidos del *Bloque III: La transformación de los materiales: La reacción química*), la siguiente lectura:

“En el caso de las estrategias didácticas, este tema [la reacción química] se presta muy bien al uso de modelos materiales, representaciones y visualizaciones que ayuden a los estudiantes a comprender mejor el fenómeno que desea estudiar. De igual manera, este tema presenta amplias posibilidades de emplear herramientas y documentos digitales, disponibles en el portal de aula Explora” (p. 152).

Nos sorprende porque el portal de aula *Explora* presenta materiales educativos digitales basados en animaciones diseñadas de acuerdo con los programas oficiales desde el preescolar hasta la secundaria y más allá de que estos recursos sean o no adecuados en cuanto a diseño y contenido, para este tema en particular se presenta un material denominado “*¡Cuántos cambios que ni imaginaba!*”<sup>41</sup>, que es sólo una animación que habla del cambio químico pero no se ejemplifican reacciones químicas ni se cuenta con un laboratorio virtual en el que pudiera hacerse algún tipo de experimentación que promueva el planteamiento de preguntas o represente un reto cognitivo para los

<sup>41</sup> Disponible en: [http://www.hdt.gob.mx/new\\_media/secundaria\\_3/ciencias3\\_b3/oda\\_4717\\_0/recurso/](http://www.hdt.gob.mx/new_media/secundaria_3/ciencias3_b3/oda_4717_0/recurso/)

estudiantes. Aun cuando el buen uso de las Tecnologías de Información y Comunicación (TIC) sea recomendable como herramienta didáctica, consideramos que la actividad experimental real, no virtual, debería ser fundamental para este tema.

Es muy importante decir que si no se hace explícita la necesidad de realizar experimentos, se abre la posibilidad de que los estudiantes no realicen esta actividad para la mayoría de los temas del curso, y ya se ha mencionado antes que lo ideal para el aprendizaje de los estudiantes, sería disponer de un conocimiento vivencial de los fenómenos químicos a través de la experimentación, antes de proponer su interpretación teórica (Caamaño, 1998). Por otro lado, hemos dicho también que hay tres aspectos fundamentales sobre la naturaleza de la ciencia, en este caso de la química, que deben ser comprendidos por los estudiantes: qué es, quién la hace y cómo se hace. En este sentido, si pretendemos que los estudiantes comprendan la naturaleza de la química, será necesario que entiendan su método: el análisis y la síntesis (Chamizo, 2009a) que en buena medida, deriva del trabajo experimental. Para ello, de acuerdo con Hodson (1994: 309):

“Dado que las maneras de trabajar de los científicos no son fijas ni predecibles y puesto que implican de modo muy personal un componente que depende de la experiencia, no pueden ser enseñadas directamente, Es decir, no se puede aprender a practicar la ciencia aprendiéndose una receta o una serie de procesos que puedan ser aplicables en todas las situaciones. El único modo eficaz de aprender a hacer ciencia es *practicando la ciencia*.”<sup>42</sup>

Para abonar a lo anterior, también cabe señalar que de acuerdo con la investigación educativa, la práctica de la ciencia da lugar a tres tipos de aprendizaje: i) la comprensión conceptual de cualquier tema estudiado o investigado; ii) el aumento del conocimiento relativo al procedimiento a través aprender más acerca de las relaciones entre la observación, el experimento y la teoría (siempre y cuando se cuente con el tiempo suficiente para la reflexión) y iii) el aumento de la habilidad investigadora (Hodson, 1994; Del Carmen, 2000; Hofstein, 2004; Hofstein & Lunetta, 2004), por lo que habría que hacer más evidente su presencia, particularmente en este currículo escolar que es introductorio al estudio de la disciplina.

## EJE 6. EVALUACIÓN

En el caso de la primaria, no se menciona explícitamente la evaluación. Sin embargo, para todos los bloques, se declara que es necesario: “Considerar los antecedentes de los saberes, intuiciones, nociones, preguntas comunes y experiencias

---

<sup>42</sup> Reiteramos que nos referimos a la *ciencia escolar*.

estudiantiles para retomarlos, enriquecerlos o, en su caso, reorientarlos” (SEP, 2011b: 88), lo que sugiere una evaluación diagnóstica. Por otro lado, en el apartado “Modalidades de trabajo” de los programas de 3º a 6º de primaria, además del de Ciencias III de secundaria, se establece que es necesario: “Propiciar un proceso de evaluación formativa que proporcione información para retroalimentar y mejorar los procesos de aprendizaje” (SEP, 2011b: 88; SEP, 2013: 24). Además de lo anterior, en el programa de *Ciencias III* de la secundaria no hace otra referencia respecto a cuándo, cómo o qué evaluar<sup>43</sup>.

#### *A manera de conclusión...*

Después de este análisis sobre el programa de estudios de la secundaria, podemos sacar algunas conclusiones simples: 1) la cantidad de contenidos es muy amplia si se considera el tiempo y el tipo de estrategias que deben emplearse para la introducción de temas que además de complejos, son nuevos para los estudiantes; 2) la secuenciación de los contenidos debe repensarse en función de que los conocimientos previos que el estudiante posee a la hora de abordar un tema; 3) es necesario que sea más explícito el trabajo experimental pues no sólo forma parte de la naturaleza propia de la química, sino que este tipo de actividades permiten desarrollar habilidades y competencias en el estudiante que son necesarias en este nivel de educación básica; 4) aunque la inclusión del análisis histórico es importante en cualquier programa de estudios, la manera en la que se introduce debe hacerse en consideración del nivel educativo del que se trate y sobre todo, debe tenerse claro cuál es la intención y propósitos de aprendizaje que se tienen, así como la visión de la ciencia que se pretende que los alumnos asimilen.

---

<sup>43</sup> Cabe señalar que existe una “Guía para el Maestro” en el que se abordan más explícitamente los aspectos relacionados con la evaluación, pero no forma parte del programa de estudios como tal.



### **3.3.2 La química en el nivel medio-superior (selección)<sup>44</sup>**

El análisis de este sistema educativo se ha hecho conforme a los ejes antes descritos. Sin embargo, para facilitar la lectura y comprensión del texto, se ha optado por sólo hacer una descripción detallada del *Eje 2. Estructura Sustantiva* para cada uno de los programas y una conclusión general que abarca el resto de los ejes. El detalle del análisis (los ejes 3 al 6) puede leerse en el Anexo 2.

#### **a) Programas de Estudio para el Bachillerato General (DGB)**

##### *Datos generales.*

El Bachillerato General propuesto por la dirección General de Bachillerato tiene una duración de 3 años distribuidos en 6 semestres. Cada semestre tiene una duración de 20 semanas, distribuidas en 16 semanas efectivas de clases y 4 semanas para el período intersemestral.

En el contexto de la RIEMS el modelo educativo que se sigue es el centrado en el aprendizaje y se circunscribe al paradigma constructivista-sociocultural con un enfoque basado en el desarrollo de competencias. De acuerdo con el documento que da origen al programa de estudios, los objetivos del bachillerato general son (DGB, 2011):

- a) Proveer al educando de una cultura general que le permita interactuar con su entorno de manera activa, propositiva y crítica (componente de formación básica);
- b) Prepararlo para su ingreso y permanencia en la educación superior, a partir de sus inquietudes y aspiraciones profesionales (componente de formación propedéutica);
- c) Promover su contacto con algún campo productivo real que le permita, si ese es su interés y necesidad, incorporarse al ámbito laboral (componente de formación para el trabajo)

Específicamente en el área de ciencias (donde se ubica la química), se establece que (DGB, 2011:35):

“Las competencias disciplinares básicas están orientadas a que los estudiantes conozcan y apliquen los métodos y procedimientos de dichas ciencias para la resolución de problemas cotidianos y para la comprensión racional de su entorno. Tienen un enfoque práctico y se refieren a estructuras de pensamiento y procesos aplicables a contextos diversos, que serán útiles para los estudiantes a lo largo de la vida, sin que por ello dejen de sujetarse al rigor metodológico que imponen las disciplinas que

---

<sup>44</sup>Los resultados de este análisis han sido publicados en: Pérez, Y. y Chamizo, J. A. (2016) Análisis curricular de la enseñanza química en México en los niveles preuniversitarios. Parte II: La educación media superior, *Educación Química*, 27, 182-194.

las conforman. Su desarrollo favorece acciones responsables y fundadas por parte de los estudiantes hacia el ambiente y hacia sí mismos”.

Respecto a la secuencia curricular, los alumnos inscritos a este plan de estudios deberán cursar un total de 47 asignaturas las cuales se agrupan por componente formativo (básico, propedéutico y profesional). Para el componente de formación básica los alumnos cursan 31 asignaturas de carácter obligatorio y común a todos los subsistemas. Dentro de estas asignaturas se encuentra química que se imparte como Química I y Química II durante el primer año del bachillerato (semestres 1 y 2), cada una de ellas tiene un tiempo asignado de 80 horas, lo que significa que se cursan 5 horas a la semana.

### Química I

En el programa de estudios, se establece que:

“La asignatura de Química I es la primera de las dos que forman parte del campo de las ciencias experimentales, y su antecedente son las Ciencias (con énfasis en Química) de la educación básica [...]En el bachillerato, se busca consolidar y diversificar los aprendizajes y desempeños adquiridos, ampliando y profundizando los conocimientos, habilidades, actitudes y valores relacionados con el campo de las ciencias experimentales, promoviendo en Química I, el reconocimiento de esta ciencia como parte importante de su vida diaria y como una herramienta para resolver problemas del mundo que nos rodea, implementando el método científico como un elemento indispensable en la resolución y exploración de éstos, con la finalidad de contribuir al desarrollo humano y científico. La relación de la Química con la tecnología y la sociedad, y el impacto que ésta genera en el medio ambiente, buscando generar en el estudiante una conciencia de cuidado y preservación del medio que lo rodea así como un accionar ético y responsable del manejo de los recursos naturales para su generación y las generaciones futuras”. (SEP, 2013a: 6)

La distribución de los contenidos se da en bloques temáticos, que se describen en la Tabla 15, tal y como aparecen en el programa:

**Tabla 15. Descripción general del programa de Química I (SEP, 2013a)**

BLOQUE	TÍTULO	DESCRIPCIÓN	HORAS
I	Reconoces a la química como una herramienta para la vida	Se reconocen los grandes momentos de la Química y su influencia en el desarrollo de la humanidad, conjuntamente con el estudio del método científico como herramienta importante para la resolución de problemas	10
II	Comprendes la interrelación de la materia y la energía	Se comprenden las interrelaciones de la materia y la energía.	5

III	Explicas el modelo atómico actual y sus aplicaciones	Se estudian los modelos atómicos que dieron origen al modelo atómico actual y sus aplicaciones en la vida cotidiana	10
IV	Interpretas la tabla periódica.	Se hace una interpretación de la tabla Periódica y se analizan los antecedentes que dieron lugar a la tabla Periódica actual, finalizando con un estudio de los metales y no metales más importantes del país desde el punto de vista socioeconómico.	8
V	Interpretas enlaces químicos e interacciones intermoleculares	Se relacionan las propiedades macroscópicas de las sustancias con los diferentes modelos de enlace tanto interatómicos como intermoleculares.	10
VI	Manejas la nomenclatura química inorgánica.	Se identifican los diferentes compuestos a través del uso del lenguaje de la Química y se promueve el uso de normas de seguridad para el manejo de los productos químicos.	15
VII	Representas y operas reacciones químicas	Se describen los diferentes tipos de reacciones químicas y se aplica la ley de la conservación de la materia al balancear las ecuaciones.	15
VIII	Comprendes los procesos asociados con el calor y la velocidad de las reacciones químicas	Se estudian los factores que intervienen en la velocidad de una reacción química conjuntamente con los intercambios de calor que experimenta la reacción finalizando con un análisis del consumismo y el impacto que esto genera en el medio ambiente y en su vida cotidiana.	7

Por su parte el programa de Química II, establece:

“La asignatura de Química II contribuye ampliamente al desarrollo de competencias [...] cuando el estudiante se autodetermina y cuida de sí, por ejemplo, al enfrentar las dificultades que se le presentan al resolver un problema y es capaz de tomar decisiones ejerciendo el análisis crítico; se expresa y comunica utilizando distintas formas de representación gráfica (símbolos químicos, reacciones químicas, etc.) o incluso cuando emplean el lenguaje ordinario, u otros medios [...] para expresar sus ideas; piensa crítica y reflexivamente al construir hipótesis, diseñar y aplicar modelos teóricos, evaluar argumentos o elegir fuentes de información y analizar o resolver situaciones o problemas de su entorno; aprende de forma autónoma cuando revisa sus procesos de construcción de conocimiento (aciertos y errores) o los relaciona con su vida cotidiana; trabaja en forma colaborativa al aportar puntos de vista distintos o proponer formas alternas de solucionar un problema; participa con responsabilidad en la sociedad al utilizar sus conocimientos para proponer soluciones a problemas de su localidad, de su región o de su país considerando el cuidado del medio ambiente y el desarrollo sustentable” (SEP, 2013b: 7)

La distribución de los contenidos se describen en la Tabla 16, tal y como aparecen en el programa:

**Tabla 16. Descripción general del programa de Química II (DGB, 2013)**

BLOQUE	TÍTULO	DESCRIPCIÓN	HORAS
I	Aplicas la noción de mol en la cuantificación de procesos químicos de tu entorno.	El docente plantea estrategias que permiten reconocer al mol como la unidad de cantidad de sustancia, aplicándola en la resolución de cálculos químicos estequiométricos de procesos que ocurren en nuestro entorno, valorando las repercusiones económicas y ecológicas que a nivel local, nacional y/o mundial conlleva su omisión	20
II	Actúas para disminuir la contaminación del aire, del agua y del suelo.	El docente implementa situaciones que permiten al alumnado fundamentar opiniones sobre los impactos que la ciencia y la tecnología química han tenido sobre el medio ambiente, reconociendo a la contaminación ambiental como un problema actual que exige la implementación de estrategias viables para detener el deterioro del agua y del aire de nuestras comunidades.	9
III	Comprendes la utilidad de los sistemas dispersos	El docente promueve la identificación de las características distintivas de los sistemas dispersos, planteando situaciones que permitan comprender su utilidad como componentes importantes de los sistemas biológicos y del entorno en que vivimos.	17
IV	Valoras la importancia de los compuestos del carbono en tu entorno y en tu vida diaria	El docente promueve el manejo sustentable y racional de los recursos naturales del país, a partir del reconocimiento de las propiedades, característica y bondades del carbono como constituyente principal de los compuestos orgánicos.	16
V	Identificas la importancia de las macromoléculas naturales y sintéticas	El docente promueve el reconocimiento de las macromoléculas naturales como componentes importantes de todos los seres vivos, así como la existencia, uso e impacto que las macromoléculas sintéticas tienen sobre el medio ambiente, fomentando una actitud responsable y cooperativa en su manejo.	18

Para hacer el análisis, se han considerado los programas de Química I (QI) y Química II (QII) como si fuese un programa continuo, ya que ambas asignaturas corresponden al componente de formación básico obligatorio que se estudian del primer año de bachillerato. Esta consideración nos permitirá hacer comparativos con aquellos programas de bachillerato que son anuales (como el de la ENP-UNAM).

## EJE 2. ESTRUCTURA SUSTANTIVA<sup>45</sup>

Los contenidos propuestos en este programa son:

1. Concepto de materia y estados de agregación.
2. Cambios, físicos químicos y nucleares de la materia.
3. Clasificación de la materia (elemento, compuesto, mezcla).
4. Métodos de separación de mezclas.
5. Tipos de energía y mecanismos de generación.
6. Fuentes de energía.
7. Modelos atómicos (resaltando aportaciones de Dalton, Thompson, Rutherford, Chadwick, Goldstein, Bohr, Somerfeld y Dirac-Jordan).
8. Partículas subatómicas.
9. Conceptos de número atómico y masa atómica.
10. Números cuánticos y configuraciones electrónicas.
11. Concepto de isótopo y aplicaciones.
12. Reacciones de fisión y fusión nuclear.
13. Propiedades y usos de los elementos químicos.
14. Tabla periódica (características).
15. Propiedades periódicas (electronegatividad, energía de ionización, afinidad electrónica, radio y volumen atómico).
16. Propiedades de metales y no metales.
17. Estructuras de Lewis.
18. Modelos de unión química (enlaces iónico, covalente, metálico; fuerzas intermoleculares y puente de hidrógeno).
19. Nomenclatura de química inorgánica.
20. Propiedades y usos de compuestos químicos.
21. Tipos de reacciones químicas (síntesis, descomposición, sustitución simple y doble).
22. Ley de la conservación de la masa.
23. Ecuación química y métodos de balanceo (tanteo y óxido-reducción).
24. Entalpía de reacción y de formación.
25. Velocidad de reacción y factores que la modifican.
26. Mol, masa fórmula, masa molar y volumen molar.
27. Leyes ponderales (Leyes de Lavoisier, Proust, Dalton, Richter-Wenzel).
28. Estequiometría.
29. Características de sistemas dispersos: disoluciones, coloides y suspensiones.
30. Unidades de concentración (porcentual, ppm, molar y normal).
31. Teorías ácido-base: Arrhenius, Brönsted-Lowry y Lewis.
32. Concepto de pH.
33. Propiedades del carbono.
34. Propiedades y nomenclatura de los hidrocarburos (alcanos, alquenos, alquinos, aromáticos) y grupos funcionales (alcoholes, aldehídos, cetonas, éteres, ácidos carboxílicos, ésteres, aminas y amidas).
35. Macromoléculas naturales (carbohidratos, lípidos, proteínas, ácidos nucleicos).
36. Macromoléculas sintéticas (polímeros de adición y condensación).

---

<sup>45</sup>El Eje 1. Estructura Sustantiva Paradigmática, es el mismo para todos los programas analizados de los dos niveles educativos.

Lo primero que podemos notar de los contenidos de este programa es la consideración de las tres dimensiones que constituyen la química de acuerdo con Johnstone (1982):

- Macroscópica: se hace evidente que los estudiantes habrán de observar propiedades macroscópicas de los materiales ya sea para identificar metales y no-metales o para reconocer diversos tipos de compuestos (óxidos, sales, hidrocarburos, etc.)
- Submicroscópica: se aborda el tema de los modelos atómicos, partículas subatómicas y el enlace químico, entre otros.
- Simbólica: se hace gran énfasis en la nomenclatura química orgánica e inorgánica así como en la escritura de ecuaciones químicas.

Respecto a los aspectos mencionados por Chamizo (2001) para cumplir con un currículo de química, observamos que cumple con el lenguaje particular (dimensión simbólica antes descrita). Respecto al método, el análisis y la síntesis se ponen de manifiesto en el programa de Química I, en bloque VII en el que se habla de los tipos de reacciones químicas y en el programa de Química II, en el bloque V al abordar las reacciones de polimerización. Finalmente, en cuanto a la manera específica de contar, el primer bloque del programa de Química II aborda el concepto de mol y las leyes ponderales.

En estos programas se pretende apelar al concepto de currículo en espiral, debido a que se retoman varios conceptos que los estudiantes ya conocen para profundizar en ellos. Por mencionar algunos ejemplos, tenemos:

- Modelos atómicos: en la secundaria sólo hace uso del modelo de Bohr mientras que aquí se hace uso de configuraciones electrónicas.
- Enlace químico: el estudiante al llegar a este nivel, conoce los modelos para el enlace iónico y covalente, y a partir de aquí estudia fuerzas intermoleculares y puente de hidrógeno.
- Tabla periódica: hasta la secundaria, los estudiantes reconocen la estructura de la tabla periódica y en este nivel se profundiza en el estudio de las propiedades periódicas.

Aunque pedagógicamente sea un acierto recurrir al currículo en espiral, lo que habría que cuestionar es la pertinencia de los propios contenidos en cada uno de los niveles. Una vez más, la lista de contenidos que corresponde a los conocimientos de formación básica para los estudiantes del nivel bachillerato es muy similar con la establecida previamente en Talanquer y Pollard (2010) para un curso de química general de licenciatura. Como se ha dicho, el considerar tantos contenidos en un programa de estudios de nivel preuniversitario, trae como consecuencias, por un lado, el abordaje superficial de cada contenido y por otro, el que dejen de hacerse actividades de reflexión y análisis, que sin duda son más importantes que el aprendizaje memorístico que supone el repaso breve de los contenidos.

Uno de los temas que ha sido ampliamente abordado en la investigación educativa es la estructura de la materia. Son muchas las investigaciones que se han hecho al respecto (Novick y Nussbaum, 1981; Llorens, 1988; Andersson, 1990; Haidar y Abraham, 1991; de Vos y Verdonk, 1996; Gallegos, 2002) y una buena revisión de estos trabajos, ha sido realizada por Trinidad-Velasco y Garritz (2003: 73), de la cual se concluye que:

*“Todos los estudios al respecto coinciden en señalar que los estudiantes mantienen sus concepciones alternativas sobre la estructura de la materia, aun después de realizar estudios formales de química; esto es, mantienen sus representaciones macroscópicas, basadas en la apariencia directa de la realidad que conciben la materia como continua, estática y sin espacios vacíos entre sus partes; este pensamiento de la vida diaria es dirigido hacia lo concreto y observable [...] Cuando los alumnos trascienden esta etapa de pensamiento continuo de la materia, penetran en otra en la que piensan que la materia está constituida por partículas, no precisamente iguales a los átomos y las moléculas de las ideas científicas [...] Es decir, si la materia es de color ocre, esto sucede porque sus partículas son ocre también [...]”* [la cursiva es nuestra]

Esto significa que este es un tema complicado desde el punto de vista de la enseñanza de la química pues es difícil que los estudiantes modifiquen completamente sus ideas alternativas. Por supuesto, que “complicado” y “difícil” no son sinónimos de “imposible”, por lo que lo que hay que hacer ante este tema es dedicarle mucho más tiempo y esfuerzo al diseño y ejecución de actividades que lleven al estudiante al conflicto cognitivo. Un ejemplo de esfuerzo para lograr el cambio conceptual es el proyecto *Matter and Molecules, MAM* (Berkheimer *et al.*, s/f) en el que se aplica un método de enseñanza basado en la técnica de resolución de problemas que consiste en cinco pasos:

1. Establecimiento del problema. Se motiva a los estudiantes a trabajar sobre cuestiones interesantes de las cuales no conocen las respuestas.
2. Modelado. Se muestra a los estudiantes cómo proceden los expertos a resolver el problema.
3. Entrenamiento. Se da a los estudiantes la oportunidad de resolver el problema mediante la exploración del andamiaje de pasos.
4. Desvanecimiento. Se continúa la práctica, con apoyo gradual hasta que el estudiante pueda resolver las tareas de manera autónoma.
5. Mantenimiento. Se da la oportunidad para que los alumnos apliquen los conceptos y estrategias aprendidas para resolver otros problemas en otros momentos.

Aún con esta propuesta que implica no menos de 35 sesiones, los resultados de su aplicación no son contundentes en cuanto al logro del cambio conceptual (Lee *et al.*, 1990). Esto contrasta con la manera en la que pretende abordarse este tema en el programa: se destinan sólo 5 horas para el bloque II (QI), en el que se aborda *Materia: propiedades y cambios* (incluidos los estados de agregación) y *Energía y su interrelación*

con la materia. Con sólo 5 horas de clase, es imposible que cualquiera de estos contenidos pueda ser estudiado con la seriedad y profundidad que se requiere, menos aun cuando se pretende que los estudiantes: construyan conceptos, participen en actividades experimentales, visiten museos, expongan, discutan y argumenten resultados de investigaciones, tal y como se lee en las actividades de aprendizaje propuestas.

Un asunto al que debe ponerse mucha atención a lo largo de los bloques de los programas se relaciona no tanto con el contenido sino con el aprendizaje que se espera tengan los estudiantes sobre él a partir de ciertas actividades. Para ejemplificar, consideremos el primer tema del bloque II (QI): se proponen actividades como “consulta en diversas fuentes de información sobre el concepto de materia” y posteriormente: “construir el concepto grupal de la materia, explicando la importancia del uso responsable de ésta para el cuidado del medio ambiente” (p.20)... No queda claro lo que se pretende con esta “actividad”, en primer lugar ¿qué significa “el concepto grupal de la materia”? suponemos que se pretende construir de manera grupal el concepto de materia, sin embargo, si se parte de una búsqueda de definiciones, no hay mucho que un estudiante pueda aportar, quizá solo parafrasee lo que ha encontrado en sus fuentes. En una búsqueda rápida del concepto materia en fuentes que frecuentemente usan los estudiantes para obtener definiciones, tenemos que:

**Tabla 17. Definición de “materia”**

Fuente	Definición
Diccionario de la Lengua Española (en línea)	Materia (del lat. <i>materiā</i> ). 1. f. Realidad primaria de la que están hechas las cosas. 2. f. Realidad espacial y perceptible por los sentidos, que, con la energía, constituye el mundo físico. 3. f. Lo opuesto al espíritu.
Wikipedia	Materia es todo aquello que tiene localización espacial, posee una cierta cantidad de energía, y está sujeto a cambios en el tiempo y a interacciones con aparatos de medida. En física y filosofía, materia es el término para referirse a los constituyentes de la realidad material objetiva, entendiéndolo por objetiva que pueda ser percibida de la misma forma por diversos sujetos.
Libro de Química (Chang, 2002)	La materia es cualquier cosa que ocupa un espacio y que tiene masa.

Como vemos, las definiciones son simples, ¿qué se puede “construir” con ellas?, por otro lado, la definición no hace alusión alguna a la “utilidad” de la materia, ¿de qué manera entonces, se puede vincular este concepto con “el uso responsable” y “el cuidado al medio ambiente”? Nos parece que no es a partir de una definición de materia de donde ha de partirse para hablar de estos asuntos.

Otro de los temas abordados en este primer bloque (QI) es el de la energía. El tema se limita a que los estudiantes “expongan las características de los diferentes tipos de energía y sus mecanismos de generación” a partir del reporte de una visita real o



virtual a un museo. El uso de museos como herramienta para el aprendizaje ha sido ampliamente estudiado (Wagensberg, J., 1992; Bosch, 2000; Cuesta *et al*, 2000; Cuesta *et al*, 2003; Guisasola y Morentin, 2007; Segarra *et al*, 2008; Pérez y Chamizo, 2011), sin embargo, en todas estas investigaciones se manifiesta claramente que para que haya un aprendizaje derivado de la visita a un museo, se debe hacer uso de lo que Guisasola *et al*(2005) establecen como los Materiales Centrados en el Aprendizaje, que son los materiales didácticos centrados en un contexto de aprendizaje escuela-museo y que son de tres tipos: i) los *Materiales para antes de la visita*, que pretenden incorporar las propias preguntas de los estudiantes o el área de investigación analizada previamente en el aula; ii) los *Materiales usados durante la visita*, que permiten asegurar que los estudiantes tienen un apreciable control de la información que suministra el museo dentro de los parámetros decididos previamente y iii) los *Materiales para después de la visita* que fomentan el análisis crítico sobre las conclusiones de la visita y la aplicación de ideas a nuevas situaciones.

En otras palabras, no basta con pedir un reporte en el que los estudiantes sólo copien las cédulas de los aparatos o hagan un relato anecdótico de la visita, se requiere de un muy buen diseño de actividades con objetivos claros y precisos que lleven a los estudiantes a formularse preguntas a partir de la interacción con lo que ofrece el museo (Pérez, 2010). Por otro lado, también surge la pregunta sobre si en cualquier lugar de la República Mexicana se cuenta con la accesibilidad a un museo en el que se aborde el tema de los tipos de energía de manera que los estudiantes puedan visitarlo. Sin duda, en el Distrito Federal existen, pero fuera de él quizá no y entonces esta actividad pierde sentido. Aún cuando se sugiere la visita virtual, habría que preguntarse, ¿cuántos y cuáles museos sobre ciencia (en español) cuentan con visitas virtuales? Al menos en México, el *Museo Tecnológico de la Comisión Federal de Electricidad (MUTEC)*, que es el que centra su temática sobre la energía, no ofrece esta opción y la experiencia “virtual” se limita a mostrar algunos videos promocionales de las salas pero que no abordan ningún contenido. En otro sentido, si la visita es virtual, ¿cuál sería la diferencia entre visitar una página web de un museo o buscar en otro tipo de páginas educativas la información requerida? Nos parece que en este caso, el museo se convierte en una fuente más de información y su verdadero potencial educativo disminuye considerablemente. La propuesta del uso de museos es por supuesto, recomendable, el problema es cómo se plantea y qué sugerencias se le dan al docente.

Otro de los temas que se estudian en este programa y que merece especial atención es el correspondiente a los modelos atómicos. En el programa se destinan 10 horas para el bloque III (QI) en donde se tienen como objetos de aprendizaje: modelos atómicos y partículas subatómicas, número y masa atómica, configuración electrónica y números cuánticos e isótopos y sus aplicaciones. Por la cantidad y tipo de contenidos nos parece que 10 horas son insuficientes para tratar con profundidad los temas y esperar que los alumnos tengan un aprendizaje significativo de los mismos, pero además, con respecto a los modelos atómicos, hay algo más: varios investigadores han apuntado la complejidad del abordaje de este tema (Solbes *et al.*, 1987; Chamizo, 1996; Martínez *et*

al., 2012) Específicamente para el nivel preuniversitario, en su artículo *Enseñar lo esencial acerca de lo más pequeño*, Chamizo establece que:

“En este artículo, al esbozar el problema del aprendizaje de la naturaleza corpuscular de la materia entre los jóvenes de la secundaria, es fundamental entender que la incorporación de temas como el del "principio de incertidumbre de Heisenberg" o el de los "orbitales atómicos" [...] es un atentado contra la capacidad de nuestros jóvenes y un reflejo de la ignorancia de quienes lo aceptan. También es una de las más rápidas y eficientes maneras de alejarlos de la química” (1996: 11)

Es claro que para el análisis que nos ocupa, estamos hablando de estudiantes de primer año de bachillerato cuya capacidad de abstracción probablemente sea mayor que un año antes (tercero de secundaria) al que se refiere Chamizo, pero aun así, el tema de los modelos atómicos no pierde su complejidad y no puede verse de manera tan superficial. En el programa sólo se propone realizar una línea del tiempo resaltando las “aportaciones” de algunos personajes y el tema es mucho más que eso: hay una gran carga conceptual (el concepto de orbital, del principio de incertidumbre, el carácter relativista del electrón, etc.) y un complejo modelado matemático (la ecuación de onda de Schrödinger) que no pueden ser vistos “de pasada”. Si se pretende que el estudiante realmente comprenda el modelo atómico actual, habrá que dedicarle tiempo a su estudio y diseñar estrategias adecuadas para llevarlas al aula, antes de pedir que el estudiante “construya configuraciones electrónicas” o “relacione las características de los elementos químicos con los electrones de valencia, los números cuánticos y su configuración electrónica”, cosa que el alumno regularmente suele hacer de manera mecánica sin entender qué es lo que eso significa.

En otro orden de ideas, viene al caso hablar de una de las evaluaciones que ha traído resultados alarmantes debido al bajo nivel en el que se encuentran los estudiantes mexicanos: la prueba PISA. En ella, como se ha dicho antes, se espera que los jóvenes alcancen idealmente el nivel 6 de desempeño, lo que significaría que:

“los estudiantes pueden identificar, explicar y aplicar el conocimiento científico y conocimiento sobre ciencia de manera consistente en diversas situaciones complejas de la vida real. Relacionan distintas fuentes de información y explicación, y utilizan evidencias provenientes de esas fuentes para justificar sus decisiones. Son capaces de demostrar clara y consistentemente un pensamiento y un razonamiento científico avanzado, y demuestran disposición para usar su comprensión científica en la solución de situaciones científicas y tecnológicas inusuales. Utilizan el conocimiento científico y desarrollan argumentos que sustentan recomendaciones y decisiones centradas en contextos personales, sociales o globales” (PISA-SEP, 2012).

Aunque nadie duda en querer que los mexicanos seamos capaces de hacer todo esto, la pregunta es ¿qué hacemos desde las aulas para lograrlo? Sin duda, la adquisición de estas competencias se da a través de diversas actividades y estrategias de

enseñanza-aprendizaje que se van practicando en los diferentes años de escolaridad y es por ello que nos parece preocupante que en este programa de estudios aún aparezca como “actividad de aprendizaje” la elaboración de resúmenes, informes de investigaciones que son más bien búsqueda de información y que no están complementadas con otro tipo de actividades. En la tabla 18 se pueden ver algunos ejemplos de solicitud de resúmenes o reportes que se muestran en los programas.

**Tabla 18. Ejemplos de solicitud de resúmenes y informes como actividades de aprendizaje**

Contenido	Descripción de la actividad
<b>QUÍMICA I (QI)</b>	
Bloque I El método científico y sus aplicaciones.	Desarrollar una actividad experimental en la que se apliquen los pasos del método científico, <b>redactando un informe por escrito</b> que destaque la forma en que éste ha ayudado en la solución de problemas del campo de la química y de la vida cotidiana.
Bloque II Energía y su interrelación con la materia.	Elaborar de forma individual <b>reporte sobre la visita</b> al museo complementando con aportaciones e impresiones personales, además de explicar el papel que desempeña la energía en los cambios de la materia.
Bloque IV Utilidad e importancia de los metales y no metales para la vida socioeconómica del país.	<b>Elaborar un resumen</b> sobre las aplicaciones que tienen los metales, no metales y minerales en el quehacer humano, en el suyo propio y el valor concedido por diversos pueblos indígenas que están presentes en México.
Bloque V Enlace químico (metálico)	<b>Explicar en un texto expositivo</b> , mediante el modelo de electrones libres y la teoría de bandas, la generación del enlace metálico, valorando las acciones que promueven el uso apropiado de los metales; proponer acciones viables para fomentar el reciclado de los metales.
<b>QUÍMICA II (QII)</b>	
Bloque I Conceptos de reactivo limitante, reactivo en exceso y rendimiento de reacción.	<b>Elaborar reporte escrito</b> de la actividad experimental [la actividad experimental se relaciona con la identificación del reactivo limitante]
Bloque IV Propiedades de los hidrocarburos.	<b>Elaborar un resumen o síntesis</b> que explique la relación número de átomos de carbono vs variación de propiedades.
Bloque V Macromoléculas, polímeros y monómeros.	<b>Elaborar un reporte, en el formato de su elección</b> , sobre estructura y función de las macromoléculas naturales (carbohidratos, lípidos, proteínas y ácidos nucleicos)
	<b>Elaborar un resumen</b> en el que se explique cómo se realiza la formación de los enlaces glucosídico, peptídico, éster y fosfodiéster.

Como podemos observar, en muchas ocasiones, el tipo de contenido amerita mucho más que la elaboración de un simple resumen o informe. Nadie duda de la capacidad de los estudiantes para que pudiesen elaborar resúmenes a conciencia:

consultando diversas fuentes de consulta, analizando y reflexionando sobre lo expresado en diversos textos, etc., pero la realidad es que esta capacidad no se ve traducida en acción pues este tipo de actividades se reducen a “copiar” y “pegar” de las fuentes de digitales o sólo copiar de las impresas. La elaboración de un trabajo escrito como los que aquí se proponen, sólo cobraría sentido en el caso de que hubiese una retroalimentación concienzuda por parte de los profesores, sin embargo, en la situación real que se vive en el bachillerato con grupos numerosos y varios grupos a cargo de un sólo profesor, la posibilidad de retroalimentación es mínima. De este modo, el uso (y en este caso abuso) de tales actividades resulta infructuoso para el verdadero aprendizaje de los estudiantes.

Por otro lado, respecto a las “investigaciones”, en la Tabla 19 tenemos una descripción de la solicitud que se hace de las mismas en los programas:

**Tabla 19. Ejemplos de solicitud investigaciones como actividades de aprendizaje**

Contenido	Descripción de la actividad
Química I (QI)	
Bloque II Energía y su interrelación con la materia	<b>Investigar</b> sobre fuentes nuevas de energía.
Bloque III Los isótopos y sus aplicaciones	<b>Investigar</b> aplicaciones de isótopos radioactivos en distintos campos de la actividad humana elaborando un organizador gráfico.
Bloque IV Elementos químicos	<b>Investigar</b> propiedades, aplicaciones e importancia socioeconómica para la comunidad, región o país y el mundo de algunos elementos químicos.
Bloque V Enlace químico	<b>Investigar</b> , y posteriormente exponer al resto del grupo, el concepto, las características y las propiedades de los compuestos que presentan enlace covalente. Explicar las características y propiedades asociadas al enlace covalente discutiendo sobre el papel que desempeña éste en la conformación de moléculas de importancia biológica tales como el agua, el oxígeno molecular y el bióxido de carbono.
Bloque VI Nomenclatura química inorgánica	<b>Realización de una investigación</b> en equipo sobre sustancias utilizadas de manera cotidiana en el hogar, la escuela y/o el medio donde se desenvuelven, por ejemplo: cosméticos, productos de limpieza, medicamentos, alimentos preparados.
Bloque VIII Reacción y ecuación química	<b>Investigar</b> , en los medios disponibles, Sobre la ley de la Conservación y su relación con los métodos de balanceo de ecuaciones químicas. Elaborar un cuadro sinóptico con la información recabada.
Bloque VIII Reacciones exotérmicas y endotérmicas Desarrollo sustentable	<b>Investigar</b> sobre reacciones endotérmicas o exotérmicas que se llevan a cabo en su entorno y la utilidad que representan para diversas actividades del ser humano.  <b>Realizar en equipos una investigación documental</b> sobre el desarrollo sustentable y las acciones necesarias para ponerlo en práctica.

QUÍMICA II (QII)	
<p>Bloque I Leyes ponderales</p> <p>Actividad integradora</p>	<p><b>Realizar una investigación</b> y diseñar una presentación, en formato de su elección, para explicar el significado de las Leyes Ponderales.</p> <p><b>Realizar un proyecto de investigación</b> acerca de alguna actividad industrial, artesanal, gastronómica, entre otras, que se realice en su comunidad, región o país u otros países y que sea de su interés. [En la actividad de enseñanza se especifica “desde el enfoque estequiométrico”]</p>
<p>Bloque II Contaminación del aire, agua y suelo.</p> <p>Actividad integradora: foro</p>	<p><b>Investigar</b> el origen y repercusiones de los principales contaminantes del aire, agua y suelo en su localidad, región, país u otros países. [En la actividad de enseñanza se especifica: “investigación documental”]</p> <p><b>Investigar</b> los efectos de los contaminantes secundarios y problematizar acerca de sus efectos mostrando responsabilidad para el cuidado de su entorno.</p> <p><b>Investigar</b>, organizados en equipos de trabajo y en los medios disponibles, los Programas Gubernamentales con los que se cuenta en la comunidad para combatir la contaminación ambiental.</p>
<p>Bloque III Clasificación de la materia.</p> <p>Ácidos y bases</p> <p>Actividad integradora.</p>	<p>Realizar una investigación documental acerca de las características de los tipos de materia (elementos, compuestos y mezclas) elaborando un reporte de investigación.</p> <p><b>Desarrollar un trabajo de investigación</b>, en los medios disponibles, sobre “Ácidos y bases” que incluya:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Problemas relacionados con la utilización en actividades cotidianas de ácidos y bases.</li> <li>- Riesgos relacionados con la utilización de sustancias ácidas y básicas en su persona.</li> <li>- Impacto ambiental de los ácidos y las bases.</li> </ul> <p>Proyecto de investigación en equipo sobre el pH.</p>
<p>Bloque V Macromoléculas</p> <p>Actividad integradora</p>	<p><b>Elaborar un reporte de investigación</b> con la información solicitada que incluya, además, las consecuencias del uso adecuado o irracional de los compuestos poliméricos [En la actividad de enseñanza se especifica: solicitar una investigación documental y/o de campo y el reporte correspondiente en formato a su elección, sobre los métodos de producción, utilidad e impacto ambiental de las macromoléculas sintéticas que maneja en su vida cotidiana]</p> <p><b>Desarrollar por equipos el proyecto de investigación</b> y elaborar una presentación. [En la actividad de enseñanza se especifica: desarrollar un proyecto de investigación sobre productos orgánicos elaborados a nivel local, regional o nacional (alimenticios, textiles, farmacéuticos, etc.) que incluya información acerca del producto].</p>

Como vemos, en ambos programas se hace un uso excesivo del recurso de la “investigación”. Podemos pensar que ese abuso responde al hecho de que al tener una sobre carga de contenidos en el programa, se recurre a esta estrategia para el abordaje

de temas para los cuales no se dispone de tiempo suficiente en el aula. Sin embargo, el problema de estas supuestas investigaciones es que no son tales, son sólo búsquedas de información que poco aportan al aprendizaje de los estudiantes y que en poco o nada contribuyen al desarrollo de habilidades como las que evalúa, por ejemplo, PISA.

En el caso particular, nos parece que hay temas en los que no sólo no es adecuado que se aborden mediante una búsqueda de información, sino que valdría la pena abordarlos con otro tipo de estrategias. Por ejemplo, en el bloque II (QII) se estudian los temas de contaminación y los objetos de aprendizaje son: contaminación del agua, aire y suelo (contaminantes antropogénicos primarios y secundarios, reacciones químicas, contaminantes del agua de uso industrial y urbano), inversión térmica, smog y lluvia ácida. Todos ellos, son ideales para introducir diversos contenidos teóricos de la disciplina como las reacciones de oxidación, las reacciones ácido-base, e inclusive la nomenclatura química en un entorno contextualizado. Sin embargo, para este bloque se destinan sólo 9 horas de clase y se proponen búsquedas de información disfrazadas de investigaciones. Algo similar podríamos decir de la investigación sugerida para el bloque I (QII) sobre las Leyes ponderales (Tabla 19), en la que es claro que no se trata de una investigación.

Hemos enfatizado el hecho de que se trata de búsquedas de información más que de investigaciones porque estamos convencidos de que una investigación es mucho más que ir a una fuente documental a buscar definiciones. Aunque parezca lo contrario, estamos a favor de que los estudiantes realicen investigaciones, pero investigaciones verdaderas como las que derivan de la aplicación de una estrategia que ha resultado exitosa para la enseñanza y aprendizaje de las ciencias: el Aprendizaje Basado en Problemas, ABP (García, 2000; Restrepo, 2005; Egido *et al.*, 2006; Araujo y Sastre, 2008; Pérez, 2010). El ABP se considera como un proceso multidimensional en el que operan aspectos cognitivos pero también emocionales, culturales y sociales que sustituye el interés por la resolución de problemas tipo mecanizados (ejercicios), por problemas reales, interdisciplinarios, con múltiples soluciones y/o estrategias diversas de resolución (Couso *et al.*, 2008). La enseñanza desde esta perspectiva pretende poner acento en actividades que plantean situaciones problemáticas, generadas a partir de preguntas abiertas (Chamizo y Hernández, 2000) planteadas por el propio estudiante, cuya resolución requiere analizar, descubrir, elaborar hipótesis, confrontar, reflexionar, argumentar y comunicar ideas para lograr el aprendizaje de los estudiantes. Es evidente que el uso de este tipo de estrategias requiere de mucho tiempo y esfuerzo por parte de todos (profesor y alumnos), lo que significa que llevarlas a cabo en un curso regular, requeriría entre otras cosas tiempo y por lo tanto, que no se tuvieran tantos contenidos en el programa de estudios.

Lamentablemente y para sumar a todo lo anterior, en contraste con lo que pueden significar estrategias como el ABP para el aprendizaje de los estudiantes, en el programa de estudios de Química I (SEP, 2013a: 31), aún se proponen actividades de aprendizaje como éstas:

- “Construir una tabla periódica ilustrada utilizando materiales naturales de bajo costo que incluya: nombre del elemento, número atómico y símbolo [...]”.
- “Ubicar en un mapa de la República Mexicana y/o del mundo, las zonas más productivas de la industria extractiva y de transformación de los minerales”.

Un par de preguntas que nos hacemos (entre muchas al leer estos enunciados), son: ¿es a través de este tipo de actividades que lograremos desarrollar las habilidades de análisis de información, argumentación y contrastación de ideas en los estudiantes?, ¿lograremos con este tipo de actividades acercarnos un poco al cambio conceptual?...

En el caso de la secuenciación de los contenidos, no se tienen mayores comentarios debido a que hay que considerar que estos programas tienen como antecedente el ambicioso currículo de la secundaria. En el ideal de que los alumnos aprendieran todos los contenidos propuestos en el programa de *Ciencias III*, sin duda contarían con las herramientas suficientes para el abordaje de todos los –también ambiciosos- contenidos de *Química I y II* en el bachillerato. Por supuesto en la realidad, dudamos que así sea.

Algunas observaciones puntuales que podríamos hacer corresponden al tema “Energía y su interrelación con la materia” que se aborda en el bloque II del programa de Química I: para abordar con profundidad esta interrelación (y no sólo hacer mención de tipos o fuentes de energía) es necesario hablar de los procesos de combustión y de los procesos electroquímicos, sin embargo, este tema se estudia hasta el bloque VII (QI) en donde se habla en general de la reacción química y el bloque VIII (QI) en el que se habla de la entalpía.

Otro tema que también hay que mencionar es el correspondiente a la clasificación de la materia. El tema está ubicado hasta el bloque III del programa de Química II, mientras que desde el bloque II del programa de Química I se aborda “Materia: propiedades y cambios”, aunque la ubicación teóricamente no afectaría el aprendizaje de los estudiantes pues es un tema que ya conocen, es un poco incomprensible la separación (tan alejada) de estos temas.

Para concluir, diremos que del análisis a los programas de Química I y II podemos concluir: 1) es demasiado el número de contenidos que se pretenden abordar considerado el tiempo de clase con el que se cuenta y la variedad y número de estrategias que se requieren para su estudio y comprensión 2) el hecho de tener un programa tan ambicioso en contenidos, trae como consecuencia que se abuse de actividades de enseñanza-aprendizaje poco adecuadas (como la elaboración de resúmenes y reportes simples) que poco contribuyen al aprendizaje del estudiante, 3) algunos de los temas propuestos son de una complejidad tal que no son adecuados para el nivel educativo en el que se proponen, 4) aunque la introducción de aspectos históricos es deseable, debe tenerse cuidado en el cómo, la sola mención de datos, fechas y nombres de personajes no es

suficiente y por el contrario, genera una visión del desarrollo de la química como si fuese lineal, libre de controversias y derivada del sabiduría de unos cuantos personajes.

Consideramos que al tratarse de un programa de estudios derivado de una reciente Reforma Educativa, hay muchos aspectos que deben ser revisados con mayor detenimiento que van desde la selección de contenidos hasta el tipo de actividades que se proponen y desde luego, la visión de la química que se pretende dar.

### **b) Programas del Bachillerato Tecnológico (DGETI)**

#### *Datos generales.*

El bachillerato tecnológico en México es de modalidad bivalente, lo que significa que se puede estudiar el bachillerato al mismo tiempo que una carrera técnica (a nivel medio superior). La estructura curricular, propone un modelo centrado en el aprendizaje sustentado en el constructivismo, que incluye tres componentes básicos: Formación Básica, Formación Profesional y Formación Propedéutica. Su estructura curricular está organizada en seis semestres, integrados por módulos y asignaturas:

- El Componente de Formación Básica: se articula con la educación secundaria y aborda los conocimientos esenciales de la ciencia, la tecnología y las humanidades. Se organiza en asignaturas.
- El Componente de Formación Propedéutica: se articula con la educación superior para lograr la incorporación de los egresados a instituciones de ese tipo educativo. Se organiza en asignaturas.
- El Componente de Formación Profesional: se articula con la educación superior pero también permite la incorporación al sector productivo. Se organiza en módulos para desarrollar las competencias profesionales correspondientes a cada carrera.

La oferta educativa en esta modalidad de bachillerato comprende alrededor de 48 opciones de carreras técnicas (Tabla 20) para el ciclo escolar 2013-2014, dentro de las cuales, una de ellas se vincula directamente con los conocimientos en química (*Laboratorista químico*) y al menos otras seis se relacionan indirectamente (*Fundición de metales y acabados industriales, Fuentes alterna de energía, Laboratorista clínico, Producción industrial de alimentos, Minería y Transformación de plásticos*).

**Tabla 20. Carreras ofrecidas por el Bachillerato Tecnológico<sup>46</sup>**

Administración de Recursos Humanos	Laboratorio Clínico	Puericultura
Arquitectura	Laboratorista Químico	Radiología e Imagen
Construcción	Logística	Refrigeración y Climatización

<sup>46</sup>Fuente: Página web de la *Dirección General de Educación Tecnológica Industrial, DGETI* ([http://www.dgeti.sep.gob.mx/index.php?option=com\\_content&view=article&id=372&Itemid=706](http://www.dgeti.sep.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=372&Itemid=706))



Contabilidad	Medios de Comunicación	Secretariado Ejecutivo Bilingüe
Cosmetología	Mantenimiento Automotriz	Servicio de Hospedaje
Dietética	Mantenimiento Industrial	Sistemas de Impresión de Hecogrado y Flexografía
Diseño Decorativo	Máquinas Herramientas	
Diseño de Modas	Mecánica Industrial	Sistemas de Impresión de Serigrafía y Offset
Diseño Gráfico Digital	Mecatrónica	
Diseño Industrial	Procesos de Manufacturas Metálicas	Soldadura Industrial
Electricidad	Producción Industrial	Soporte y Mantenimiento de Equipo de Cómputo
Electromecánica	Producción Industrial de Alimentos	
Electrónica	Producción de Prendas de Vestir	Telecomunicaciones
Enfermería General	Programación	Trabajo Social
Fundición de Metales y Acabados Industriales	Prótesis y Asistente Dental	Transformación de Plásticos
Gericultura	Preparación de Alimentos y Bebidas	Ventas
Fuentes Alternas de Energía (carrera nueva)	Ofimática (carrera nueva)	Minería (carrera nueva)

De acuerdo con la estructura curricular de esta modalidad de bachillerato (Tabla 21), la química general corresponde al componente de formación básica, se estudia durante los dos primeros semestres (Química I y Química II) y le corresponden 4 horas a la semana.

Tabla 21. Estructura Curricular del Bachillerato Tecnológico<sup>47</sup>

1er. semestre	2o. semestre	3er. semestre	4o. semestre	5o. semestre	6o. semestre
Álgebra 4 horas	Geometría y Trigonometría 4 horas	Geometría Analítica 4 horas	Cálculo Diferencial 4 horas	Cálculo Integral 5 horas	Probabilidad y Estadística 5 horas
Inglés I 3 horas	Inglés II 3 horas	Inglés III 3 horas	Inglés IV 3 horas	Inglés V 5 horas	Temas de Filosofía 5 horas
Química I 4 horas	Química II 4 horas	Biología 4 horas	Física I 4 horas	Física II 4 horas	Asignatura propedéutica* (1-12)** 5 horas
Tecnologías de la Información y la Comunicación 3 horas	Lectura, Expresión Oral y Escrita II 4 horas	Ética 4 horas	Ecología 4 horas	Ciencia, Tecnología, Sociedad y Valores 4 horas	Asignatura propedéutica* (1-12)** 5 horas
Lógica 4 horas	Módulo I 17 horas	Módulo II 17 horas	Módulo III 17 horas	Módulo IV 12 horas	Módulo V 12 horas
Lectura, Expresión Oral y Escrita I 4 horas					

Áreas propedéuticas			
Físico-matemática	Económico-administrativa	Químico-Biológica	Humanidades y ciencias sociales
1. Temas de Física	4. Temas de Administración	7. Introducción a la Bioquímica	10. Temas de Ciencias Sociales
2. Dibujo Técnico	5. Introducción a la Economía	8. Temas de Biología Contemporánea	11. Literatura
3. Matemáticas Aplicadas	6. Introducción al Derecho	9. Temas de Ciencias de la Salud	12. Historia

 Componente de formación básica

 Componente de formación propedéutica

 Componente de formación profesional

Antes de iniciar el análisis, es importante aclarar que este programa es muy poco específico en algunos aspectos y sobre todo:

“La organización del programa de estudios no responde a la lógica de organización de unidades, temas y subtemas, sino que es abierta y flexible, para facilitar la posibilidad de que el docente plantee múltiples construcciones de Estrategias Educativas Centradas en el Aprendizaje (ECAs), acordes con su contexto. De tal forma, el programa se estructura a partir de redes conceptuales” (SEP, 2013c: 8)

Por otro lado, en el mismo programa se establece que el proceso de enseñanza aprendizaje se basa en el modelo basado en competencias y que las estrategias didácticas válidas son las centradas en el estudiante, por ejemplo: investigaciones escolares, el aprendizaje basado en proyectos, la integración de contenidos, el aprendizaje basado en problemas, los casos simulados, entre otras (SEP, 2013c), lo que significa que el programa no detalla ninguna actividad a realizar y la planeación didáctica se deja a entera responsabilidad del docente.<sup>48</sup> Las descripciones se limitan a establecer por un lado, los *Propósitos formativos por competencias* (Tabla 22) y por otro, la *Estructura de la asignatura* que implica los conceptos fundamentales y subsidiarios, los

<sup>47</sup>Fuente: Página web de la Dirección General de Educación Tecnológica Industrial, DGETI ([http://www.dgeti.sep.qob.mx/index.php?option=com\\_content&view=article&id=372&Itemid=706](http://www.dgeti.sep.qob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=372&Itemid=706))

<sup>48</sup> En el programa se habla también de “Trabajo colegiado”, particularmente para establecer los temas “integradores” que habrán de elegirse para el abordaje de los temas.

elementos transversales, y los contenidos procedimentales y actitudinales, que en conjunto se analizarán de acuerdo a las categorías establecidas.

**Tabla 22. Propósitos formativos (SEP, 2013c)**

QUÍMICA	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Interpretará fenómenos químicos a través de modelos, para acercarse a los propuestos por la comunidad científica.</li> <li>• Examinará conocimientos científicos que les permitan describir objetos o fenómenos naturales, en términos de la química.</li> <li>• Formulará hipótesis y emprenderá proyectos, seleccionando y aplicando estrategias para la solución de problemas.</li> <li>• Desarrollará una visión actualizada, crítica y propositiva de las ciencias químicas reconociendo el valor y la utilidad del conocimiento que generan para la humanidad.</li> </ul>
QUÍMICA I	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conocerá y construirá modelos atómicos.</li> <li>• Reconocerá la diversidad de la composición de la materia y de los distintos enlaces químicos, los cuales generan variados compuestos químicos en la naturaleza.</li> <li>• Distinguirá las diferencias entre las propiedades de los compuestos inorgánicos, su estructura, características y nomenclatura.</li> <li>• Identificará el impacto de los compuestos inorgánicos en la salud, en la alimentación, en la naturaleza y en la industria.</li> </ul>
QUÍMICA II	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Realizará cálculos estequiométricos.</li> <li>• Identificará las diversas formas de expresar las unidades de concentración química, mediante la preparación de disoluciones acuosas, sólidas y gaseosas.</li> <li>• Distinguirá las diferencias entre las propiedades de los compuestos orgánicos, su estructura características y nomenclatura.</li> <li>• Comprenderá la importancia de la química orgánica en su vida diaria, así como sus contribuciones al desarrollo humano y científico.</li> <li>• Identificará el impacto del uso de los compuestos inorgánicos en: la salud, alimentación, naturaleza y el ámbito industrial.</li> </ul>

## EJE 2. ESTRUCTURA SUSTANTIVA

De acuerdo con el programa, los “conceptos fundamentales” que se consideran son *materia y energía*, mientras que como “conceptos subsidiarios”: *composición de la materia, enlaces químicos, nomenclatura y obtención de compuestos inorgánicos*, para Química I. *Estequiometría, y química del carbono* para Química II. Asimismo, se consideran “elementos transversales”: *tabla periódica y reacciones químicas*. Como vemos, los temas son muy generales y es hasta el apartado “competencias procedimentales” en donde se detalla que los temas a ser abordados en ambas químicas, son:

1. Estructura de la materia.
2. Modelos atómicos.

3. Propiedades de los elementos.
4. Enlaces químicos.
5. Configuración electrónica.
6. Nomenclatura inorgánica.
7. Ecuaciones químicas.
8. Reacción química.
9. Disoluciones.
10. Unidades de concentración.
11. Unidades químicas.
12. Ácidos y bases (pH y pOH).
13. Neutralización.
14. Nomenclatura inorgánica.
15. Química del carbono.

La ambigüedad en la descripción del programa deja muy poco margen para hacer un análisis no sólo de los contenidos sino también de los aprendizajes que se pretenden pues como se ha dicho anteriormente, la planeación y el abordaje queda a criterio de cada profesor o grupo colegiado. Quizá sólo sea posible puntualizar en algunos aspectos, por ejemplo:

- 1) se hace referencia a “materia” pero no a “materiales” que son en realidad el objeto de estudio de la química.
- 2) No se especifica qué tipo de reacciones químicas se estudian y qué tanto se enfatiza sobre el cambio químico, las “competencias procedimentales” que se espera, desarrolle el estudiante son (SEP, 2013c: 16):
  - “Desarrollará ecuaciones químicas para la obtención de compuestos inorgánicos”
  - “Obtendrá compuestos inorgánicos a través de actividades experimentales”
  - “Desarrollará ecuaciones químicas para la obtención de compuestos orgánicos”
  - “Obtendrá compuestos orgánicos a través de actividades experimentales”
  - Determinará la concentración de una solución mediante titulación.

Como vemos, queda muy abierto qué reacciones químicas elegirá el profesor para abordar en clase y no se sabe tampoco si enfatizará en la concepción del cambio químico o sólo se “mostrarán” reacciones a manera de ejemplos. Queda igualmente implícito, que se habrá de estudiar la reacción de neutralización para poder hablar de titulaciones.

- 3) Aunque uno de los conceptos fundamentales es “energía”, no queda claro en qué momento se estudia y con qué nivel de profundidad.

Bajo este modelo de programa de estudios, es imposible saber qué temas específicos habrán de estudiarse en el aula y menos aún relacionarlos con aprendizajes esperados o estrategias didácticas. Tampoco es posible decir mucho sobre la

secuenciación pues la planeación de qué, el cómo y el cuándo de cada contenido en las diferentes Químicas (I y II) depende del profesor y en el mejor de los casos, del grupo colegiado.

Finalmente, para concluir el análisis de este programa, diremos que aunque no es tema específico de este trabajo hablar de la importancia del papel del profesor dentro de la educación, las características particulares de este programa de estudio en el que poco se especifica sobre los temas, objetivos de aprendizaje, estrategias didácticas y secuenciación de los contenidos que han de abordarse en los cursos de química, dejándole toda la responsabilidad al docente, nos dan la oportunidad para abordar – aunque de manera muy superficial- este asunto.

La investigación educativa ha sugerido en diversas ocasiones que uno de los factores determinantes en el proceso educativo es el profesor (Garritz, 2013; Chamizo, 2000; Maiztegui, 2000; Duffee & Aikenhead, 1992; Gil, 1991) y se ha establecido que es importante no sólo porque es el que teóricamente domina los conocimientos propios de su disciplina, sino porque a través de su conocimiento disciplinar en conjunción con la didáctica, genera las condiciones para que los estudiantes aprendan exitosamente. Es decir, se ha concebido que el denominado conocimiento pedagógico del contenido (CPC) del profesor (Kind, 2009; Garritz y Trinidad, 2004; Van Driel, *et al.*, 1998; Shulman, 1986) es determinante durante el proceso de enseñanza aprendizaje y es éste el que diferencia, según Vincente Talanquer (2004) “a los buenos maestros”.

El CPC, se puede entender como el tipo de conocimiento que le permite al profesor, transformar pedagógicamente el contenido en actividades de aprendizaje significativas para el estudiante y que según Shulman (1986) van más allá del conocimiento disciplinar y se incluyen conocimientos como: cuáles son los temas que enseñan con mayor regularidad en la disciplina, cuál debe ser la mejor secuenciación para enseñar esos temas, cuáles son las formas más útiles de representación de los conceptos, cuáles las analogías, ilustraciones, ejemplos, explicaciones y demostraciones más útiles para hacer ese concepto o tema más comprensible. Asimismo, el CPC incluye el conocimiento de qué temas son más fáciles o más difíciles de aprender, cuáles son las ideas y las concepciones alternativas de los estudiantes sobre esos temas a diferentes edades y cuáles las estrategias más eficaces para modificar esas concepciones.

A todos estos conocimientos que se incluyen al CPC, y al propio conocimiento disciplinar, hay que sumar otro tipo de conocimientos que según Shulman (1987), debe también, poseer un profesor: conocimiento pedagógico, curricular, psicológico (de sus estudiantes), del contexto educativo y sobre todo, los fines, propósitos y valores educativos así como sus bases históricas y filosóficas.

Como vemos, los saberes que ha de poseer un profesor son muchos y de toda índole. Sin embargo, las preguntas que surgen para el contexto mexicano son: ¿cuál es la calidad de los profesores en el bachillerato?, ¿qué tanto conocimiento de la disciplina

poseen?, ¿cuál es su CPC?, ¿qué tan profundo es su conocimiento sobre aspectos históricos y filosóficos de la disciplina que imparten?, ¿cuál es su visión de la ciencia en general y de la química en particular?, ¿qué tipo de estrategias didácticas conocen?, ¿qué conocimientos sobre psicopedagogía dominan? En fin, surgen un sinnúmero de preguntas cuya respuesta es motivo de otra investigación y que aquí no pueden tener respuesta pero que señalan uno de los grandes problemas del sistema educativo mexicano: la selección y formación del profesorado en los niveles de educación básica.

### ***c) Programa de la Escuela Nacional Preparatoria (UNAM)***

#### *Datos generales.*

El programa de Química III se imparte en el segundo año de la preparatoria. Es de carácter obligatorio por lo que es cursada por todos los estudiantes que optan por esta modalidad de bachillerato. El programa consta de cinco unidades que se propone sean abordadas en 120 horas totales (cuatro horas semanales: tres de carácter teórico y una de actividad práctica).

#### **EJE 2. ESTRUCTURA SUSTANTIVA**

Los temas que se proponen para este programa de estudios son:

1. Conceptos de energía (energía potencial y cinética, trabajo, calor y temperatura).
2. Transferencia y transformación de la energía (Ley de la conservación de la energía)
3. Clasificación de la materia (mezclas y sustancias)
4. Composición de la materia: átomos y moléculas.
5. Partículas subatómicas.
6. Número atómico, número de masa, masa atómica e isótopos.
7. Propiedades físicas y cambios físicos.
8. Propiedades químicas y cambios químicos.
9. Ley de la conservación de la materia.
10. Radiactividad y desintegración nuclear.
11. Teoría atómica de Bohr.
12. Propiedades físicas de los gases
13. Leyes de los gases: Boyle, Charles y Gay-Lussac.
14. Modelo cinético- molecular.
15. Concepto de mol
16. Leyes ponderales
17. Reacción química.
18. Tabla periódica.
19. Símbolos de Lewis.
20. Unión química: enlace covalente, iónico, metálico y puentes de hidrógeno.
21. Energía y reacción química (calor de combustión, reacciones exotérmicas y endotérmicas, energías de enlace)

22. Estructura y propiedades de los líquidos (propiedades del agua).
23. Disoluciones (electrólitos y no electrolitos) y unidades de concentración (por ciento y molar).
24. Ácidos, bases y pH.
25. Neutralización y formación de sales.
26. Propiedades de metales, no metales y semimetales
27. Estado sólido cristalino.
28. Estequiometría
29. Hidrocarburos: alcanos, alquenos y alquinos.
30. Reacciones de polimerización
31. Elementos esenciales para la vida (sales minerales, vitaminas)
32. Propiedades de carbohidratos, lípidos y proteínas
33. Procesos de conservación de alimentos.

Lo primero que podemos notar de los contenidos de este programa, es la consideración de las tres dimensiones que constituyen la química de acuerdo con Johnstone (1982):

- Macroscópica: se hace evidente que los estudiantes habrán de observar propiedades macroscópicas de los materiales ya sea para identificar metales y no-metales o para reconocer diversos tipos de compuestos (óxidos, sales, hidrocarburos, etc.)
- Submicroscópica: se aborda el tema de los modelos atómicos, partículas subatómicas y el enlace químico, entre otros.
- Simbólica: se hace gran énfasis en la nomenclatura química orgánica e inorgánica así como en la escritura de ecuaciones químicas.

Asimismo, los aspectos mencionados por Chamizo (2001) para cumplir con un currículo de química también son evidentes. Sin embargo, una vez más, la cantidad de contenidos es muy amplia, tanto que incluso, se tocan temas que son compartidos por el programa de Física III que se estudia en el año anterior, tales como: leyes de los gases y modelo cinético molecular (Unidades 2 y 5), concepto de energía cinética y potencial, equilibrio térmico y otras formas de energía (Unidad 3).

Sabemos que una parte importante del estudio de la química, se relaciona con la energía involucrada en las reacciones químicas, ya sea para predecir el cambio químico a través del estudio de las entalpías y entropías de reacción o bien, para el aprovechamiento de la energía química (calor de combustión y procesos electroquímicos). Sin embargo, estos temas aunque importantes, no los consideramos imprescindibles en curso básico química en el que habrían de privilegiarse los tres aspectos ya antes discutidos: el lenguaje particular (las palabras y los conceptos de la química), el método (análisis y síntesis) y la manera de contar (empleando el mol), de tal manera que sería más que suficiente que en un curso básico de química, los estudiantes tuvieran claros sólo estos aspectos.

Un problema que deriva de retomar tantos contenidos propios del curso de Física III es que éstos, requieren de tiempo de clase que podría ser usado para abundar en otros

contenidos: si observamos la distribución horaria, vemos que para hablar de energía (tipos de energía y fuentes alternas de energía), se destinan –al menos- 12 horas de clase (equivalentes a 3 semanas del curso) que bien podrían ser usadas para profundizar en otros temas de difícil comprensión.

Por otro lado, apenas en la primera unidad del programa, en el contenido “1.3 El sol, horno nuclear”, se introducen temas relacionados con la radiactividad y la desintegración nuclear:

- 1.3.1. Radiactividad y desintegración nuclear.
- 1.3.2. Rayos alfa, beta y gamma,
- 1.3.3. Espectro electromagnético.
- 1.3.4. Planck, la energía y los cuantos.
- 1.3.5. Espectro del átomo de hidrógeno y teoría atómica de Bohr.
- 1.3.6. Fisión y fusión.
- 1.3.7. Ley de la interconversión de la materia y la energía.

Si bien estos contenidos forman parte de los conocimientos propios de una subdisciplina de la química llamada “química nuclear”, no consideramos que sean temas apropiados para un curso básico de química debido a la complejidad que implica la introducción de conceptos como los derivados de la ecuación de Planck o de la ley de la interconversión de la materia y energía, menos aun cuando lo primero que se ha de tener claro para hablar de este tema es que la materia es discontinua y está formada por átomos, aspecto que, como ya hemos mencionado, a los estudiantes les es difícil de asimilar (Novick y Nussbaum, 1981; Llorens, 1988; de Vos y Verdonk, 1996; Gallegos, 2002; Trinidad-Velasco y Garritz, 2003). Por otro lado, de acuerdo a la carga horaria propuesta para este tema, entre 6 y 7 horas de clase, no bastan para abordar el estudio y tener una buena comprensión de estos temas, mucho menos cuando los objetivos de aprendizaje (manifestados en la sección “Descripción del contenido”) son tan ambiciosos:

“Esta sección se inicia con el estudio de la radiactividad como consecuencia de la desintegración nuclear. Los átomos más pesados emiten espontáneamente radiaciones alfa, beta y gamma. Las radiaciones gamma, se identifican como parte del espectro electromagnético; con objeto de explicar su efecto dañino, se relacionan mediante la ecuación de Planck con su contenido energético. Se explica cómo a partir del estudio del espectro del hidrógeno, Bohr propuso su teoría atómica. Se estudian a nivel introductorio los procesos de fisión y fusión nuclear. Se identifican las relaciones entre masa y energía mediante la ecuación  $E=mc^2$ , y ésta, como la expresión matemática de la ley de la interconversión de la materia y la energía, se enfatiza que sólo es aplicable en los procesos nucleares. Se indica que una de las principales aplicaciones de la fisión nuclear es la generación de energía eléctrica. Así mismo, se reconoce que en el sol se genera una gran



cantidad de energía mediante la fusión nuclear del hidrógeno para formar helio” (ENP, 1998)

Comprender este tema no es sencillo y se requieren de una buena cantidad de conocimientos previos que los alumnos no poseen en este momento. De este modo, consideramos que sólo hacer una revisión superficial no cobra sentido alguno pues la asimilación mecánica y memorística de temas, no aporta ni a la comprensión de los conocimientos fundamentales de la disciplina ni a la reflexión sobre la naturaleza de la misma. Nadie duda que las reacciones nucleares son tema importante tanto conceptual como contextualmente en el estudio de la química, la pregunta es si esta manera y este momento, son los más adecuados.

Un aspecto que salta a la vista de este programa, es la gran cantidad de contenidos que tiene en contraste con el tiempo que se destina para cada uno de ellos. La distribución horaria para cada unidad se propone en el programa (Tabla 23).

**Tabla 23. Distribución horaria del programa Química III de la ENP**

UNIDAD	HORAS
<b>1. La energía, la materia y el cambio</b>	<b>26</b>
1.1 Energía, motor de la humanidad	
1.2 La materia y los cambios	
1.3 El sol, horno nuclear	
1.4 El hombre y su demanda de energía	
<b>2. Aire, intangible pero vital.</b>	<b>24</b>
2.1 ¿Qué es el aire?	
2.2 Reactividad de los componentes del aire	
2.3 Calidad del aire	
<b>3. Agua. ¿De dónde, para qué y de quién?</b>	<b>24</b>
3.1 Tanta agua y nos podemos morir de sed	
3.2 Importancia del agua para la humanidad	
3.3 El porqué de las maravillas del agua (propiedades del agua)	
3.4 ¿De quién es el agua?	
<b>4. Corteza terrestre, fuente de materiales</b>	<b>24</b>
4.1 Minerales ¿la clave de la civilización?	
4.2 Petróleo, un tesoro de materiales y de energía	
4.3 La nueva imagen de los materiales	
4.4 Suelo, soporte de la alimentación	
4.5 La conservación o destrucción de nuestro planeta	
<b>5. Alimentos combustible para la vida</b>	<b>22</b>
5.1 Elementos esenciales para la vida.	
5.2 Fuentes de energía y material estructural	
5.3 Conservación de alimentos.	

Como vemos, para cada uno de estos grandes temas y subtemas, el número de horas parece insuficiente, analicemos el caso específico del contenido 3.3 que se describe en la Tabla 24.

**Tabla 24. Descripción del contenido 3.3 *El porqué de las maravillas del agua* (ENP, 1998)**

CONTENIDO	DESCRIPCIÓN DEL CONTENIDO
<p>3.3.1 Estructura y propiedades de los líquidos. Modelo cinético molecular de los líquidos</p> <p>3.3.2 Propiedades del agua: Puntos de fusión y ebullición. Densidad. Capacidad calorífica. Calores latentes de fusión y de evaporación. Tensión superficial. Poder disolvente.</p> <p>3.3.3. Composición del agua: electrólisis y síntesis.</p> <p>3.3.4. Estructura molecular del agua: Enlaces covalentes. Moléculas polares y no polares. Puentes de hidrógeno.</p> <p>3.3.5. Regulación del clima.</p> <p>3.3.6. Soluciones. Concentración en por ciento y molar.</p> <p>3.3.7. Electrólitos y no electrólitos.</p> <p>3.3.8. Ácidos, bases y pH.</p> <p>3.3.9. Neutralización y formación de sales.</p>	<p>Algunas de las propiedades del agua, como: calores latentes de fusión y evaporación, capacidad calorífica, densidad, poder disolvente, puntos de fusión y ebullición se comparan con las de otras sustancias con objeto de que el alumno se dé cuenta del comportamiento tan especial del agua. El estudio de la electrólisis del agua permite conocer su composición y reafirmar conceptos como: molécula, ion, electrólitos, no electrólitos e introducir el concepto de potencial electroquímico. Para entender las caprichosas propiedades del agua, como la baja densidad del hielo se requiere del estudio de la estructura y forma de su molécula, para lo cual se retoman los conocimientos sobre electronegatividad, enlaces covalentes polares y no polares. Se estudia la relación entre la forma de las moléculas y su polaridad, las fuerzas de atracción intermoleculares y la formación de puentes de hidrógeno. Además, se relacionan sus propiedades con la regulación del clima y se mencionan su capacidad calorífica y su poder disolvente como base de innumerables usos. En esta parte se amplían los conceptos de solución, concentración en por ciento y molar, ácidos, bases y sales; se introducen los conceptos de neutralización y el de pH como una escala que permite conocer el grado de acidez o basicidad de una solución.</p>

Como podemos apreciar, son muchos los contenidos que constituyen la tercera unidad y no sólo son muchos sino que además, son de gran importancia y de cierta complejidad para su aprendizaje. Para la mayoría de los estudiantes, los conceptos como capacidad calorífica, calor latente de fusión y de evaporación o la tensión superficial son nuevos y requieren tiempo (sobre todo de experimentación) para su asimilación. Sobre el enlace químico, ya antes hemos expresado la dificultad que representa para los estudiantes su comprensión a partir de lo reportado por García y Garritz (2006). En cuanto

al tema de las disoluciones, en la literatura se ha manifestado que la comprensión de este fenómeno no es fácil, por ejemplo, Blanco y Prieto (1994) reportan que:

"Los alumnos presentan, en general, una escasa comprensión de las disoluciones. Una adecuada comprensión de las mismas requiere la utilización correcta de un modelo corpuscular de la materia. Los estudiantes no poseen o no aplican dicho modelo y cuando lo utilizan no lo hacen de forma correcta [...] A pesar de que en los materiales de enseñanza se dedica atención a los métodos de separación de los componentes de una disolución, que son utilizados como criterios para diferenciar las disoluciones de otros sistemas (mezclas heterogéneas y compuestos), los estudiantes no los asimilan y, a menudo, proponen técnicas inadecuadas quizás producto de aprendizajes memorísticos y de falta de oportunidades para ponerlas en práctica experimentalmente " (p. 126)

De la misma manera, en el artículo "Explorando las disoluciones: entre la teoría y la práctica", García, Martínez y Suárez (2007) establecen respecto al modelo corpuscular que:

"resulta esencial para interpretar la diversidad de la materia y la diferencia entre mezclas y disoluciones, entre elementos y compuestos. Si el estudiante no dispone de un buen manejo de este modelo tendrá serias dificultades para dar sentido a la simbología química, tan relevante para la comprensión posterior de los procesos químicos más complejos" (p. 72)

Una vez más, se manifiesta la necesidad de lograr una completa comprensión del modelo corpuscular y el diseño y aplicación de actividades que alejen al estudiante del aprendizaje memorístico. Esto implica entonces, que el tema disoluciones requiere mucho más tiempo que unas cuantas horas en donde se den simples definiciones.

Otro caso similar se presenta con el tema de la electrólisis y el concepto de ión, al respecto Caamaño y Maestre (2004) indican:

"Si tenemos en cuenta las dificultades para consolidar el concepto de ión durante todo el XIX, podemos esperar que tampoco será fácil para nuestro alumnado la comprensión de este concepto. Lozano, Mayos y Maestre (1990) han encontrado que el alumnado que había estudiado los temas de estructura atómica y enlace químico, confundía los átomos con los iones y las expresiones 'elemento electronegativo' y 'elemento con carga negativa',

y no veía ninguna necesidad de interacción entre los iones y los electrodos para explicar la electrólisis”.<sup>49</sup>

El tema tampoco es fácil para los estudiantes y hay varias ideas alternativas por modificar. Como también habrá que hacerlo en otro de los temas que se abordan en este contenido: ácidos y bases. Tema por demás complejo pues son varias las ideas alternativas que los estudiantes tienen sobre el mismo, por ejemplo, Kind (2004) señala algunas de ellas:

- Los ácidos pueden quemar y comerse el material.
- Una base es algo que “repara” a un ácido.
- La neutralización es la “descompostura” de un ácido o algo que cambia del ácido.
- Los iones hidrógeno están presentes en los ácidos, pero los ácidos permanecen en forma molecular en las soluciones.

Lo que podemos ver en estas ideas es, por un lado, que suele haber cierta antropomorfización de las sustancias (“comerse”, “repara”). Por otro lado, predomina el criterio sensorial para hablar de las propiedades (“pueden quemar”) en lugar de otros modelos basados en partículas. Modificar estas ideas en clase no es tarea sencilla y para ello se requiere del diseño y uso de estrategias didácticas que promuevan el cambio conceptual.

Un intento por hacer este trabajo en el aula se da en la propuesta de Caamaño (2011), en la que diseña una “secuencia de actividades para el estudio y la modelización de las sustancias ácidas y básicas y de las reacciones entre ellas, con un enfoque contextualizado y con carácter de indagación” (p. 83). Esta secuencia consta de 8 fases descritas en la Tabla 25.

**Tabla 25. Propuesta de secuencia para el abordaje del tema “Ácidos y bases” (Caamaño, 2011)**

FASE	TIEMPO (min)
Exploratoria	15
Desarrollo	45
Modelización macroscópica	
Indagación	180
Predicción	20
Modelización atómico-molecular	15
Aplicación	15
Síntesis conceptual, interpretación e investigación	90

<sup>49</sup> La referencia completa a la que se refiere Caamaño es: Lozano, M.T., Mayos, C. y Maestre, G. (1990) *Les dificultats dels alumnes per interpretar el fenomen de l'electròlisi*, Memòria de treball, Màster de Didàctica de les ciències. Baracelona. UAB.

La secuencia mostrada requiere más de 6 horas de clase para el abordaje de este tema, es decir que para nuestra unidad 3, la cuarta parte de todas las horas destinadas (24h) sería sólo para la revisión de dos contenidos (3.3.8 y 3.3.9).

Este ejercicio podríamos hacerlo con cada uno de los contenidos en el programa y el resultado sería más o menos el mismo. Por ejemplo, una propuesta didáctica con una estrategia que sido considerada no sólo como necesaria sino también exitosa para el aprendizaje de los estudiantes, el ABP, ha sido desarrollada por Pérez (2010) para el contenido *4.1 Minerales ¿la clave de la civilización?* Los resultados fueron prometedores no sólo en cuanto al aprendizaje de conceptos propios de la disciplina sino también para el desarrollo de otras habilidades como el planteamiento de preguntas, la búsqueda de información y la argumentación, entre otras. Sin embargo, el tiempo dedicado a este trabajo rebasa con mucho las horas destinadas no sólo a este contenido sino a toda la cuarta unidad: la secuencia didáctica propuesta consta de 24 sesiones de clase de 50 minutos, ¡todas las sesiones destinadas a la cuarta unidad!

De este modo, la pregunta que surge al ver tantos temas en un programa de bachillerato es: ¿cuánto tiempo real requerimos para estudiar con profundidad y seriedad cada uno de los contenidos establecidos si consideramos las dificultades conceptuales y el uso de estrategias didácticas no tradicionales? La respuesta no la tenemos ahora, pero por los resultados de la investigación educativa, no son pocas y por lo tanto, significaría que la revisión de los mismos o se hace de manera superficial o de manera selectiva, pero si es así ¿de qué sirve esa revisión que deriva en memorización de datos? Y por otro lado, si se seleccionan contenidos por parte de los profesores ¿cuáles son los criterios? En este escenario, quizá lo mejor, sería repensar cuáles son los contenidos fundamentales que deben ser estudiados en este nivel educativo, así como los objetivos de aprendizaje que implican no sólo la profundidad con lo que han de ser visto sino su secuenciación y contextualización.

Por otro lado, ya hemos dicho que uno de los problemas de analizar el programa de bachillerato en términos de secuenciación se relaciona con el hecho de que la mayoría de los temas tienen algún antecedente en el curso anterior (sobre todo con un programa de secundaria tan ambicioso y cargado de contenidos como el de Ciencias 3) lo que significaría que –idealmente- los alumnos cuentan con algún antecedente que permitiría continuar con el estudio de cualquier tema tal y como aparecen en el programa.

Por último, diremos de este programa que hay tres aspectos a resaltar de este programa a partir del análisis antes expuesto: 1) el exceso de contenidos que sugiere la revisión superficial de muchos de ellos, 2) la inclusión de temas que corresponden al programa de Física III (del cuarto año de bachillerato) y que bien podrían omitirse para dar paso a la profundización de temas propios de la disciplina y 3) la carencia de aspectos histórico-filosóficos necesarios para la reflexión sobre el desarrollo y naturaleza de la química.

Estos tres aspectos son relevantes porque tratándose de un curso de formación básica como es el de Química III, que no es de carácter propedéutico sino que más bien, contribuye a la alfabetización en ciencias del estudiante, ha de favorecerse el desarrollo de habilidades como el planteamiento de preguntas, la búsqueda de información, las explicaciones con base en evidencias y sobre todo, reflexionar sobre el qué, el cómo, el por qué y el para qué de la ciencia en general y de la química en particular. Sin embargo, la inclusión de estos aspectos y el desarrollo de este tipo de habilidades, requieren el diseño y ejecución de actividades con estrategias distintas a las convencionales que implican mucho tiempo de clase, y por lo tanto, la necesidad de reducir los contenidos a estudiar.

Una vez más, se hace necesario poner énfasis en que el hecho de tener un programa de química básica tan extenso y ambicioso en lo conceptual, no contribuye a la comprensión de los conceptos fundamentales de la disciplina, ni a la reflexión y análisis de aspectos históricos, filosóficos y sociales que se relacionan con ella y por el contrario, favorece el aprendizaje memorístico y la pobre o nula motivación del alumno hacia su estudio. Habrá que considerar, por tanto, la necesidad de repensar los propósitos de la enseñanza de la química en este nivel educativo y hacer una revisión minuciosa de los contenidos que sean más pertinentes y acordes con esos propósitos.

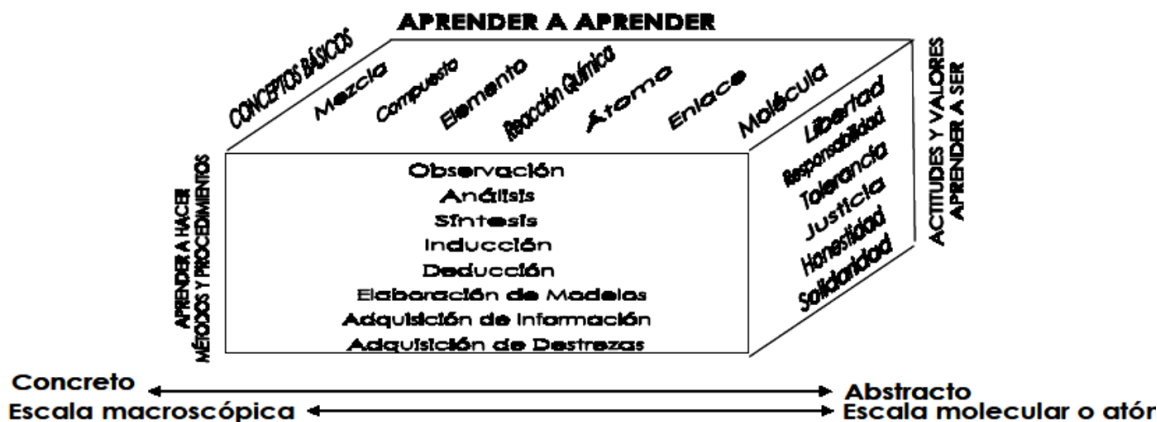
#### ***d) Programa de la Escuela Nacional Colegio de Ciencias y Humanidades: (UNAM)***

##### *Datos generales*

El Colegio de Ciencias y Humanidades es otra de las modalidades de bachillerato dentro de la UNAM, y a diferencia de la preparatoria, está estructurado por semestres, de manera que la química se aborda como materia obligatoria para los dos primeros semestres en las asignaturas de Química I y Química II.

Las concepciones pedagógicas del CCH se resumen en los principios: *aprender a aprender, aprender a hacer y aprender a ser* que se ven reflejados en la descripción tanto de los contenidos disciplinares del programa, así como en las habilidades, actitudes y valores que se propone sean desarrollados y que se esquematizan en la Figura 2.

Figura 2. Aprendizajes de los estudiantes al término de los cursos de Química I y II (CCH, 2006:6)



Nota: El contenido del esquema no corresponde a ninguna secue

Los programas de Química I y II están estructurados por unidades temáticas y se propone para cada una de ellas tanto el tiempo que debe dedicárseles como algunas estrategias que se basan en el planteamiento de preguntas que funcionan como subtemas. En la Tabla 26 se resumen estas unidades.

Tabla 26. Descripción de unidades de los programas de Química del CCH

	UNIDAD Y "SUBTEMA"	TIEMPO (Horas)
QUIMICA I	1. AGUA, COMPUESTO INDISPENSABLE	30
	Presentación, integración grupal y evaluación diagnóstica	4
	¿Por qué el agua se contamina tan fácilmente?	5
	¿Cómo se separan los contaminantes del agua?	4
	¿Qué importancia tienen las mezclas en nuestra vida diaria?	2
	¿Es el agua un compuesto o un elemento?	12
	¿Por qué es indispensable el agua para la vida?	3
	2. OXÍGENO, COMPONENTE ACTIVO DEL AIRE	50
	¿Es el aire una mezcla o una sustancia pura?	3
	¿Cómo actúa el oxígeno del aire sobre los elementos?	10
	¿En qué son diferentes los metales de los no metales?	14
	¿En qué difieren los óxidos metálicos de los no metálicos?	14
	¿Cómo podemos predecir el tipo de enlace que hay entre dos átomos?	5
¿Qué les sucede a las sustancias al quemarlas?	4	
¿Se puede detener la contaminación del aire en la Ciudad de México?	4	
QUIMICA II	1. SUELO, FUENTE DE NUTRIMENTOS PARA LAS PLANTAS	40
	Presentación, introducción y evaluación diagnóstica	2
	¿Por qué es importante el suelo?	1
	¿Qué es el suelo?	2
	¿Cómo se clasifican los componentes sólidos del suelo?	2

¿De qué está formada la parte orgánica del suelo?	3
¿Qué son las sales y qué propiedades tienen?	8
¿Cómo se representan y nombran las sales en el lenguaje de la química?	4
¿Cuál es el alimento para las plantas?	4
¿Cómo mejorar un suelo deficiente en sales? ¿Cómo se obtienen las sales?	
¿Cómo ayuda la química a determinar la cantidad de sustancias que intervienen en las reacciones de obtención de sales?	8
¿Qué importancia tiene conocer la acidez del suelo?	4
¿Por qué es necesario preservar el suelo? ¿Es el suelo un recurso natural inagotable?	2
<b>2. ALIMENTOS, PROVEEDORES DE SUSTANCIAS ESENCIALES PARA LA VIDA</b>	<b>30</b>
¿Por qué comemos?	1
¿Qué tipo de sustancias constituye a los alimentos?	3
¿Por qué el carbono es el elemento predominante en los alimentos?	6
¿Qué determina las propiedades de los compuestos del carbono?	6
¿Qué grupos funcionales están presentes en los nutrimentos orgánicos?	4
¿Cuál es la función en el organismo de los nutrimentos?	3
¿Hay relación entre la estructura de los nutrimentos y su función en el organismo?	4
Y tú, ¿cómo te alimentas?	1
¿Cómo se conservan los alimentos?	2
<b>3. MEDICAMENTOS, PRODUCTOS QUÍMICOS PARA LA SALUD</b>	<b>10</b>
¿Qué son los medicamentos?	2
¿Cómo se obtienen los medicamentos?	5
¿Cómo se sintetiza un principio activo?	
¿Cómo ayuda la química a combatir las enfermedades?	3
¿Cómo ayuda la química a mejorar tu forma de vida?	

## EJE 2. ESTRUCTURA SUSTANTIVA

En las 5 unidades totales que constituyen el curso básico (asignaturas de Química I y II), se abordan los siguientes temas fundamentales:

1. Mezclas y sustancias (compuestos y elementos)
2. Disolución y unidades de concentración
3. Unión química (enlace iónico, covalente y fuerzas intermoleculares)
4. Cambios físicos y químicos
5. Leyes ponderales
6. Nomenclatura inorgánica
7. Conservación de la masa y la energía
8. Reacción química



9. Ecuación química
10. Estequiometría
11. Estructura de la materia (átomo, molécula, ión)
12. Modelos atómicos (Dalton, Thomson, Rutherford, Bohr)
13. Masa atómica, molecular y concepto de mol.
14. Características de metales y no metales
15. Tabla periódica
16. Propiedades periódicas
17. Estructuras de Lewis
18. Energía de las reacciones químicas
19. Ácidos y Bases (Arrhenius)
20. Neutralización y formación de sales
21. Reacciones de óxido-reducción
22. Estructura y propiedades de los compuestos de carbono
23. Nomenclatura orgánica (hidrocarburos y grupos funcionales)
24. Biomoléculas (lípidos, carbohidratos, proteínas, vitaminas y minerales)
25. Rapidez de las reacciones químicas (factores que la afectan)
26. Reactividad de grupos funcionales
27. Polimerización

Lo primero que podemos notar es que los aspectos mencionados por Chamizo (2001) para cumplir con un currículo de química son evidentes: se enfatiza en el lenguaje de la química, se hace estudiar aspectos relacionados con el análisis y la síntesis y se considera el mol como unidad de medida de la cantidad de materia. Además, también aparecen las tres dimensiones que constituyen la química de acuerdo con Johnstone (1982): macroscópica, sub-microscópica y simbólica.

Desafortunadamente, una vez más, la cantidad de contenidos parece demasiada si se considera que algunos de los temas son nuevos para los estudiantes (por ejemplo, todos los relacionados a la química del carbono). Para detallar este análisis, lo primero que hay que mencionar es que parece haber diferencias entre la estructura e intención del programa de Química I que es mucho menos ambicioso en cuanto a cantidad de contenidos que el programa de Química II en donde se concentra la carga conceptual de este curso.

En la primera Unidad del programa de Química I, se hace una especie de repaso de lo antes visto en los cursos de secundaria y se retoman conceptos de mezcla (homogénea y heterogénea) y sustancia (compuestos y elementos) y cambios físicos. En estos temas es importante resaltar que en el programa se enfatiza la representación molecular al hablar de estos conceptos, lo cual, como ya hemos dicho, en un asunto que debe ser abordado constantemente en clase por la dificultad que representa para los estudiantes (Llorens, 1988).

El primer problema que notamos en el programa, corresponde al tema de las disoluciones, al que no parece prestársele mucha atención dedicando sólo 2 horas de clase para su abordaje, incluyendo la expresión porcentual de la concentración. Ya hemos mencionado los problemas que representa para los estudiantes la comprensión del proceso de disolución (Blanco y Prieto, 1994) por lo que consideramos que estas dos horas son insuficientes.

Otro tema que hay que analizar con cuidado corresponde al subtema “¿Es el agua un compuesto o un elemento?” Para responder esta pregunta se propone realizar el experimento de la electrólisis del agua y a partir de él construir el concepto de cambio químico. No estamos seguros que este sea ni el mejor, ni el único ejemplo que podría usarse para la construcción de este concepto, sobre todo si consideramos que, como reportan Caamaño y Maestre (2004), para la comprensión del fenómeno de la electrólisis primero ha de tenerse claro el concepto de ión (tema que si bien pudo haberse estudiado en la secundaria, hasta este momento, no ha sido retomado en el curso del bachillerato). El asunto es todavía más preocupante cuando después de haber introducido un proceso en el que intervienen átomos con carga como es la electrólisis, se pide después de una investigación sobre el modelo de Dalton, que se use para hacer representaciones de las reacciones químicas (Aprendizaje 40 de la página 16 del programa)... nos parece que este orden en los temas tratados puede crear confusiones a los estudiantes.

De este modo, en estas doce horas de clase se pretende la asimilación de todos estos conceptos y además, se propone que los estudiantes realicen ejercicios que permitan: “1) establecer los nombres de los elementos que forman una molécula y su proporción de combinación, a partir de fórmulas sencillas; 2) representar mediante ecuaciones químicas, reacciones sencillas de combinación y descomposición y 3) balancear por inspección las ecuaciones de combinación y descomposición” (CCH, 2006:17)... Quizá sea un poco ambicioso.

Desafortunadamente, este no es el único caso en el que podemos ver que la pretensión por “estudiar” una gran cantidad de temas en un tiempo muy corto y a través de estrategias poco adecuadas. Un ejemplo significativo lo tenemos en la Segunda unidad del programa de Química II, en el subtema: “¿Hay relación entre la estructura de los nutrientes y su función en el organismo?” La pregunta que se plantea sin duda es interesante, pero la manera en la que pretende ser respondida no corresponde con su complejidad. En la Tabla 27, se transcribe lo propuesto en el programa:

**Tabla 27. Descripción del subtema ¿Hay relación entre la estructura de los nutrientes y su función en el organismo? (CCH, 2006: 41)**

APRENDIZAJE	ESTRATEGIA SUGERIDA
34. Incrementa sus habilidades en la búsqueda de información pertinente y en su análisis y síntesis.	<p style="text-align: right;"><b>4horas</b></p> <p>Investigación documental y explicación del profesor de los siguientes aspectos:</p>

<p>35. Aumenta sus capacidades de análisis y síntesis, y de comunicación oral y escrita al expresar fundamentando sus observaciones y opiniones.</p> <p>36. Explica cómo se obtiene la energía necesaria para realizar las funciones vitales a partir de la oxidación de las grasas y los carbohidratos.</p> <p>37. Ejemplifica la polimerización de los compuestos del carbono, mediante reacciones de condensación para obtener polisacáridos y proteínas.</p> <p>38. Reconoce mediante las reacciones estudiadas, que los grupos funcionales son los centros reactivos de los compuestos del carbono.</p> <p>39. Identifica a la temperatura, pH, y catalizadores como factores que afectan la rapidez de las reacciones químicas.</p> <p>40. Reconoce en fórmulas de biomoléculas los elementos de importancia biológica (C, H, O, N, P, Ca, Na, K, Cl, Fe, I, Mg).</p> <p>41. Reconoce la importancia del análisis químico para la identificación de sustancias.</p>	<p>En lípidos (grasas):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Estructura: resultado de la unión de una molécula de glicerol con tres moléculas de ácidos grasos (reacción de esterificación con pérdida de agua).</li> <li>- Diferencia entre la estructura de las grasas y de los aceites.</li> <li>- Presencia de un gran número de enlaces C-C y C-H que de forma similar a los hidrocarburos (combustibles) tienen alta energía potencial, por lo que una reserva de energía para el organismo.</li> <li>- Enranciamiento de grasas y aceites (oxidación).</li> <li>- Razón por la que debe evitarse el consumo excesivo de grasas.</li> </ul> <p>En carbohidratos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Importancia de la fotosíntesis en la producción de glucosa (monosacárido).</li> <li>- Monosacáridos: Aldosas y cetosas.</li> <li>- Reacción de condensación de monosacáridos para obtener polisacáridos (polímeros). Formación del enlace glucosídico.</li> <li>- Estructura de la molécula de almidón (polímero). Importancia de la cocción (efecto de la temperatura) y de las enzimas (catalizadores biológicos) durante la digestión, para fragmentar mediante su hidrólisis las moléculas de almidón y así poderlas asimilar.</li> <li>- Reacción de oxidación ("combustión") durante su metabolismo para generar energía.</li> </ul> <p>En fibras:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Estructura de la molécula de celulosa (polímero). Grupos funcionales presentes.</li> <li>- Diferencia entre la estructura del almidón y de la celulosa que determina la imposibilidad de metabolizar la celulosa por los humanos.</li> </ul> <p>En proteínas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Polímeros cuyas unidades son los aminoácidos.</li> <li>- Aminoácidos esenciales.</li> <li>- Reacción de síntesis de proteínas a partir de aminoácidos.</li> <li>- Formación del enlace peptídico.</li> <li>- Digestión de las proteínas: reacción de hidrólisis, importancia del pH y de las enzimas (catalizadores biológicos) en el estómago y en intestino delgado.</li> </ul> <p>En vitaminas:</p>
---	---

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Clasificación en hidrosolubles y liposolubles.</li> <li>- Función de las vitaminas hidrosolubles como coenzimas.</li> </ul> <p>En minerales:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Elementos de importancia biológica: P, Ca, K, Na, Cl, Fe, I, Mg.</li> </ul>
--	--

Nos parece que los aprendizajes esperados no podrán alcanzarse ni con la estrategia de “investigación documental” sugerida ni con la “explicación del profesor” en sólo 4 horas. Todos los temas que se abordan son complejos, implican que los estudiantes identifiquen perfectamente la nomenclatura y estructura orgánica, así como el manejo de reacciones (esterificación, hidrólisis, oxidación, etc.). Pero además, en este condesado de temas, se pretende introducir conceptos como “energía de enlace”, “rapidez de reacción”, “catalizador” y “polimerización” que son nuevos para la mayoría de los estudiantes y que requieren de ser estudiados específicamente y no sólo “de pasada” como temas secundarios. La pretensión de abordar temas de manera superficial y entremezclando conceptos que son desconocidos por los alumnos, no contribuye al aprendizaje de la disciplina pues el aprendizaje dista mucho de ser significativo y se limita a la memorización (en el mejor de los casos) de algunos datos.

Respecto a las estrategias de enseñanza-aprendizaje que se proponen en el programa, habría que resaltar el abuso que se hace de la “investigación bibliográfica”. Lo primero que hay que apuntar es tal “investigación” no existe, pues en la mayoría de los casos lo que realmente se propone es una simple búsqueda de definiciones. Aunque entendemos que dentro del principio *aprender a hacer* que gobierna este programa se encuentra la búsqueda de información (CCH, 2006:4), nos parece que el abuso del recurso (en 30 ocasiones a lo largo de los diversos subtemas de ambos programas) no es lo más adecuado.

En algunos casos, es posible que la investigación bibliográfica sí podría implicar más que la búsqueda de información (como lo descrito en Tabla 30) pero si este es el caso, lo que debería favorecerse es que los estudiantes se planten preguntas y metodologías de investigación que vayan más allá de la sola recuperación de información, lo que implica –como ya se ha reiterado en repetidas ocasiones- mucho tiempo de clase (y no sólo las 3 o 4 horas que se proponen). Además, consideramos que desde el punto de vista de la didáctica, podría proponerse el uso de otros recursos como el trabajo de campo (entrevistas a especialistas o visitas a museos), revisión de videos o *podcast* y en general, el uso de Tecnologías de Información y Comunicación (TIC) que permitan introducir los diversos temas y no sólo la supuesta “investigación bibliográfica”.

Una vez más, el hecho de que se tenga el antecedente de la secundaria, complica el análisis secuencial debido a que para muchos de los temas los alumnos cuentan (o deberían) con alguna referencia. Sin embargo, hay casos específicos en los que vale algún comentario, por ejemplo, el ya citado caso de la electrólisis que se plantea desde la

primera unidad del programa de Química I, siendo un proceso que requiere de la comprensión de conceptos como ion, procesos electroquímicos, disolución, entre otros que serán estudiados en unidades posteriores. En específico el estudio de formación de iones se da hasta la primera unidad del programa de Química II, el aprendizaje 22 dice: “explica la formación de iones (aniones y cationes) a partir de átomos neutros (metal y no metal) por medio de la transferencia de electrones” (CCH, 2006: 31).

Asimismo, tampoco queda claro que después del estudio de este proceso electroquímico, se estudie el modelo de Dalton y los modelos que consideran la carga eléctrica sean vistos hasta la segunda unidad: “investigación bibliográfica sobre el descubrimiento del electrón, protón y neutrón y sobre los modelos atómicos de Thomson, de Rutherford y de Bohr” (CCH, 2006: 21).

Finalmente diremos que aunque este programa de estudios tiene mayores bondades que los anteriores, por ejemplo, se propone el diseño de experimentos por parte de los estudiantes, disminuye el número de contenidos y tiene una mejor intención de contextualización, desde luego que adolece de algunos aspectos como no ser explícito en la evaluación, y sobre todo, considerar muy poco la reflexión histórico-filosófica, que es tan necesaria, particularmente, en el tipo de enseñanza (mucho más crítica y reflexiva) que ofrece el modelo educativo del CCH.

## **SEGUNDA PARTE: ANÁLISIS DE LA DIVULGACIÓN DE LA QUÍMICA**

### **4. Introducción**

Aunque la educación informal abarca prácticamente todas las demás formas de educación no sistematizadas como el contacto con la familia, o los carteles de la calle, el cine, etc., es difícil hacer medir la intención educativa del contenido científico en este tipo de formas de comunicación. Sin embargo, existen otros medios en donde –de alguna manera- existe una clara intencionalidad educativa aun cuando la recepción de sus mensajes, no necesariamente impliquen una voluntad de aprendizaje (Sánchez-Mora, 2004), estos medios apelan a lo que se conoce como “divulgación de la ciencia”. De acuerdo con Ana Ma. Sánchez Mora (en Bonfil, 2003: 40), la divulgación de la ciencia se entiende como “una labor multidisciplinaria cuyo objetivo es comunicar, utilizando una diversidad de medios, el conocimiento científico a distintos públicos voluntarios, recreando ese conocimiento con fidelidad y contextualizándolo para hacerlo accesible”. Pero además, no sólo se esperaría que el objetivo de la divulgación fuera la comprensión pública de la ciencia sino también la generación de opinión pública (Wangensberg, 1998b) y la responsabilidad pública sobre la ciencia (Bonfil, 2005), estas últimas derivadas de una sociedad alfabetizada en ciencias.

Dado el carácter voluntario del aprendizaje, el objetivo principal de la divulgación de la ciencia es la construcción de un auditorio informado, inquisitivo, reflexivo y tomador de decisiones (Asimov, 1989; Estrada *et al*, 1997) y no la creación de un mundo de científicos, sin embargo, existen investigaciones en las que se reporta que la educación informal puede no sólo contribuir a la alfabetización en ciencias (Aguirre y Vázquez, 2004; Cerejido, 2009; Cañal, 2004; Chamizo, 2000; Herrera, 2002; Gil y Vilches, 2006; Jiménez *et al*, 2002; Liu, 2009; Norris y Olmedo, 2011; Sanmartí, 2002; Segarra *et al*, 2008), sino también, contribuir a un cambio favorable en la opinión que sobre la ciencia tiene el público.

Por otro lado, también se reconoce que los medios de divulgación, aunque están dirigidos a un “público general” y no necesariamente corresponden con los objetivos de aprendizaje dictados por la educación formal, cada vez son más usados como herramientas útiles para el aprendizaje escolar (Chagas, 1993; Blanco, 2004; Valente *et al.*, 2005). Por ejemplo, varias investigaciones reportan el uso de materiales como las revistas y libros (Calvo, 2012; Robles, 2008) o los museos y centros de ciencia (Cuesta *et al.*, 2003; Guisasola *et al.*, 2005; Pérez y Chamizo, 2011) como recursos didácticos para el abordaje de distintos contenidos curriculares.

Por esta razón, para un análisis sobre la educación de la química en México, además de analizar la educación formal, también es necesario echar una mirada a la educación informal que se da en los diferentes medios de divulgación. Existen diversos medios para la divulgación de la ciencia:

- Textos divulgativos: revistas, periódicos y libros.
- Visual: Carteles, folletos e infografías
- Audiovisuales: cine, video y televisión
- Medios y productos informáticos: internet y podcast
- Centros y museos de ciencia
- Clubes científicos
- Conferencias y representaciones teatrales

Cada uno de estos medios aunque tienen en común la reelaboración del discurso científico, cada uno tiene características peculiares en cuanto a los recursos que se requieren para su elaboración, los mecanismos de acceso al público y sobre todo las preferencias de ese público. Por estas razones, en México no necesariamente todos estos medios son relevantes, ya sea por su escaso contenido de temas científicos o porque no constituyen un medio cercano a la mayoría del público (como los libros o las conferencias) y menos aún para el grupo de edad que nos ocupa (adolescentes de entre 15 y 18 años). De un estudio realizado por Márquez (2010) a adolescentes de la Ciudad de México, se desprende que son: *la escuela, la televisión, los museos y centros de ciencia y tecnología e Internet*, los medios más utilizados para obtener información científica y tecnológica.

Ahora bien, aunque en los resultados de esta encuesta no se hace referencia a los textos de divulgación, desde el ámbito escolar, éstos sí son utilizados ya sea como herramientas dentro del proceso de enseñanza-aprendizaje de un tema específico (Robles, 2008; Pérez, 2010, Torres, 2013) o como lecturas complementarias a los temas, por lo que conviene hacer una revisión de algunas de las colecciones más usadas. Además, a pesar de que las preferencias pueden depender de diversos factores, uno muy importante es el nivel de formación: de acuerdo con Blanco (2004) los medios audiovisuales predominan entre las personas con un nivel de estudios bajo, mientras que los escritos entre las personas con estudios secundarios o universitarios, lo que reafirma la relación de la escuela con este tipo de medios.

De este modo, para el presente trabajo, se hará una revisión que abarque los medios de divulgación antes descritos, pero se hará énfasis en los que, dadas las características del grupo de estudio, tienen un mayor aporte no sólo desde el punto de vista informal, sino también formal de la educación, a saber: **textos de divulgación, televisión** y una especial mención a los **museos y centros de ciencia**, por el impacto que estos pueden tener en la juventud que los visita. En el caso de la internet, aunque se está convirtiendo en la primera opción de búsqueda de información prácticamente de cualquier disciplina para los estudiantes adolescentes, tener una medición de todos los recursos que se refieren específicamente a la química resulta una tarea muy compleja, no sólo porque la búsqueda remitiría no sólo a lo hecho en México sino a lo publicado en cualquier parte del mundo sino también, porque dadas las características del propio medio, sabemos que muchas páginas desaparecen o se modifican con el tiempo, razones por las cuales, se ha descartado de este estudio.

### Análisis de los medios.

Lo primero que hay que establecer para el diagnóstico del estado de la divulgación de la química, son los criterios que nos permitan identificar cuándo se está hablando de química y cuando no. Para ello, es necesario retomar los aspectos que antes hemos utilizado para el análisis curricular y que Chamizo (2001) establece como fundamentales en un currículo de química, a saber:

- un lenguaje particular (las palabras y los conceptos de la química),
- un método propio (análisis y síntesis) y
- una manera específica de contar (empleando la unidad de cantidad de materia, el mol)

Esperaríamos entonces, que alguno o varios de estos tres aspectos se manifiesten en los diversos medios de divulgación en ciencias, por lo que habremos de reconocer la presencia de la química cuando se haga referencia a:

1. los conceptos químicos, por ejemplo: composición (ya sea haciendo referencia a los nombres de compuestos o elementos o mediante simbología química) o propiedades físicas y químicas de los materiales.
2. los métodos de la química (el análisis o la síntesis), por ejemplo: a través de la aplicación o explicación de procesos como la combustión, la polimerización, la electrólisis, etc. En el caso de los museos, este punto puede abordarse a través de la muestra de materiales y dispositivos utilizados para la realización de estos procesos ya sea antiguos o recientes (muestras de reactivos químicos, material de vidrio o metal, etc.)
3. el mol como unidad propia de la química.
4. Aspectos históricos de la química que refieran a personajes o acontecimientos relacionados con la disciplina.

El segundo aspecto importante es hacer una selección de lo que habrá de analizarse de cada uno de los medios en función de las características del propio medio, la temporalidad y la disponibilidad de información. A continuación se hace la revisión de cada medio elegido, apuntando la metodología de elección y los resultados.

#### **1. TEXTOS DE DIVULGACIÓN.**

Es difícil establecer con precisión el número de publicaciones de divulgación científica que existen en México pues no se cuenta con una base de datos específica. Sin embargo, para este trabajo, se ha cruzado la información de diversas fuentes dependiendo del tipo de publicación.



- **5.1 REVISTAS.**

Para hacer una selección de las revistas de divulgación con algún contenido de química se han usado dos fuentes de consulta:

1. La página web del *Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT)*, a través del apartado “Índice de Revistas Mexicanas de Divulgación Científica y Tecnológica”.<sup>50</sup>
2. La página web de la *Sociedad Mexicana para la Divulgación de la Ciencia y la Técnica (SOMEDICYT)*, a través del apartado “Publicaciones”.<sup>51</sup>

Las publicaciones que se reportan en ambas fuentes son:

**Tabla 28. Revistas mexicanas de divulgación científica**

REVISTA	ORGANISMO	PERIODICIDAD	CIRCULACIÓN	PÚBLICO <sup>52</sup>
CIENCIA <a href="http://www.revistaciencia.amc.edu.mx">http://www.revistaciencia.amc.edu.mx</a>	Academia Mexicana de Ciencias, A.C. (AMC)	Trimestral	Nacional	“para un público amplio, más allá del ámbito académico, con preparación equivalente o superior a la de bachillerato”
CIENCIA UANL <a href="http://www.cienciauanl.uanl.mx">www.cienciauanl.uanl.mx</a>	Universidad Autónoma de Nuevo León	Trimestral	Nacional e internacional	“ámbitos académico, tecnológico y empresarial”
CONTACTOS. Revista de Educación en Ciencias e Ingeniería <a href="http://www.izt.uam.mx/contactos/">http://www.izt.uam.mx/contactos/</a>	Universidad Autónoma Metropolitana (UAM)	Trimestral	Nacional	“dirigida a la comunidad universitaria”
CONVERSUS <a href="http://www.cedicyt.ipn.mx/RevConversus/Paginas/Inicio.aspx">http://www.cedicyt.ipn.mx/RevConversus/Paginas/Inicio.aspx</a>	Instituto Politécnico Nacional (IPN)	Bimestral	Nacional	“población estudiantil de nivel medio superior del IPN y, en general, a todos los jóvenes interesados”
DEVERAS Revista Infantil de Divulgación Científica	Consejo Mexiquense de Ciencia y	Trimestral	Estatad (electrónica)	“revista infantil de divulgación científica”

<sup>50</sup> Disponible en: <http://www.conacyt.gob.mx/comunicacion/Paginas/IndiceRevDivulg.aspx> [Consultado el 17 de febrero de 2014]

<sup>51</sup> Disponible en: <http://www.somedicyt.org.mx/publicaciones.html> [Consultado el 17 de febrero de 2014]

<sup>52</sup> Este dato fue obtenido de la política editorial, presentación o descripción de cada revista en su propio portal.

<a href="http://comecyt.edomex.gob.mx/?q=programas/revista-deveras">http://comecyt.edomex.gob.mx/?q=programas/revista-deveras</a>	Tecnología (COMEYT)			
ELEMENTOS. Ciencia y Cultura <a href="http://www.elementos.buap.mx/">http://www.elementos.buap.mx/</a>	Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP)	Trimestral	Nacional	“medio de comunicación internacional entre la comunidad científica y los estudiantes universitarios, así como el público en general” (Cuenta con artículos de divulgación y notas especializadas)
CIENCIA <i>ergo sum</i> Revista Científica Multidisciplinaria de Prospectiva <a href="http://ergosum.uaemex.mx/">http://ergosum.uaemex.mx/</a>	Universidad Autónoma del Estado de México	Cuatrimestral	Nacional e Internacional	“artículos científicos de cualquier área del conocimiento, de orden y de interés estrictamente académico”
INVESTIGACION Y CIENCIA DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE AGUASCALIENTES <a href="http://www.uaa.mx/investigacion/revista">http://www.uaa.mx/investigacion/revista</a>	Universidad Autónoma de Aguascalientes (UAA)	Cuatrimestral	Nacional	“Su distribución está dirigida a instituciones de educación superior, centros de investigación, bibliotecas, y dependencias de gobierno”
KOMPUTER SAPIENS Revista de Divulgación <a href="http://www.komputer-sapiens.smia.mx/">http://www.komputer-sapiens.smia.mx/</a>	Sociedad Mexicana de Inteligencia Artificial	Cuatrimestral	Nacional	“amplio público de lectores de diversos perfiles, como estudiantes, profesores, investigadores y usuarios interesados en la temática de la revista”
PIN ULSAC Revista ConCiencia de la escuela de Psicología <a href="http://www.ulsac.edu.mx/ConCiencia.html">http://www.ulsac.edu.mx/ConCiencia.html</a>	Universidad La Salle Cuernavaca	Cuatrimestral	Nacional (electrónica)	[Académicos]
TEMAS DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA	Universidad Tecnológica de la Mixteca	Cuatrimestral	Nacional	“a la población estudiantil [universitaria] y a la

<a href="http://www.utm.mx/revistas.html">http://www.utm.mx/revistas.html</a>	(UTM)			comunidad intelectual
SABER MÁS <a href="http://www.sabermas.umich.mx/">http://www.sabermas.umich.mx/</a>	Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo	Bimestral	(Electrónica)	“Esperamos también interesar a los jóvenes para que consideren seriamente continuar sus estudios en carreras afines a la ciencia y a la tecnología “
EPISTEMUS. Ciencia, Tecnología y Salud <a href="http://www.epistemus.uson.mx/">http://www.epistemus.uson.mx/</a>	Universidad de Sonora	Semestral	Nacional (electrónica)	“Los Sectores relacionados con la educación y la investigación, empresarios, dependencias gubernamentales, estudiantes de nivel medio superior, superior y posgrado, y sociedad en general”
REVISTA JUVENIL KANIK I + D <a href="http://revistakanik.mx.tl/frameset.php?url=/intro.html">http://revistakanik.mx.tl/frameset.php?url=/intro.html</a>	Consejo de Ciencia y Tecnología del estado de Yucatán (CONCYTEY )	Cuatrimestral (Sólo hay 9 números disponibles)	Nacional (electrónica)	“Jóvenes estudiantes de secundaria y bachillerato”
REVISTA DIGITAL UNIVERSITARIA <a href="http://www.revista.unam.mx/">http://www.revista.unam.mx/</a>	UNAM	Mensual	(Electrónica)	“para un público no especializado”
AVANCE Y PERSPECTIVA <a href="http://avanceyperspectiva.cinvestav.mx/">http://avanceyperspectiva.cinvestav.mx/</a>	CINVESTAV	Trimestral	Nacional (electrónica)	[Especializado]
NUESTRA TIERRA. Revista de divulgación <a href="http://www.geologia-son.unam.mx/index.php?option=com_content&amp;view=article&amp;id=49&amp;Itemid=58">http://www.geologia-son.unam.mx/index.php?option=com_content&amp;view=article&amp;id=49&amp;Itemid=58</a>	Estación Regional del Noroeste de la UNAM	Semestral	Nacional (electrónica)	“Buscamos que los textos sean comprensibles para legos, esto es, una persona con estudios de bachillerato o licenciatura, no necesariamente en la rama de las ciencias de la Tierra”
HYPATIA	Gobierno	Trimestral	(Electrónica)	[Público en general]

<a href="http://hypatia.morelos.gob.mx/index.php?option=com_frontpage&amp;Itemid=1">http://hypatia.morelos.gob.mx/index.php?option=com_frontpage&amp;Itemid=1</a>	del Estado de Morelos			
CIENCIA Y DESARROLLO <a href="http://www.conacyt.gob.mx/comunicacion/revista/paginas/default.aspx">http://www.conacyt.gob.mx/comunicacion/revista/paginas/default.aspx</a> (Suplemento HELIX para niños)	CONACYT	Bimestral	Nacional	“comprensible para una persona con estudios de bachillerato”
¿CÓMO VES? <a href="http://www.comoves.unam.mx/">http://www.comoves.unam.mx/</a>	DGDC-UNAM	Mensual	Nacional	“única revista de divulgación científica en el país dirigida específicamente a lectores jóvenes (de bachillerato y primeros años de licenciatura). <b>Sus lectores son mujeres y hombres de 14 a 39 años de edad</b> , con ingresos medios; sobre todo estudiantes, profesores y trabajadores de empresas en el sector privado”

El análisis del contenido de todas estas revistas, sería motivo de otro trabajo de investigación, dada la cantidad de números que tienen cada una de ellas y la dificultad para revisar cada uno de ellos<sup>53</sup>. Por esa razón, para los propósitos de este trabajo, sólo se ha elegido el análisis de la revista *¿Cómo ves?* Se ha decidido hacer una revisión de todas sus publicaciones (es decir, desde 1998) por dos razones:

- 1) el público al que va dirigida: jóvenes de bachillerato y primeros semestres de licenciatura, pero además, la propia revista reporta tener un público lector cuya edad [14-39 años] incluye a estudiantes no sólo de bachillerato sino también de secundaria.

<sup>53</sup>Cabe señalar que son muy pocas las revistas que tienen un índice temático, por lo que la revisión, implicaría la lectura –al menos superficial- de los artículos, para saber a qué disciplina podría referirse.

- 2) es una de las publicaciones que suele usarse como recurso didáctico para la enseñanza formal. La propia publicación, ofrece una “Guía del maestro” que vincula algunos de sus artículos con los temarios del bachillerato y proporciona sugerencias didácticas para su uso en el aula. Las guías están disponibles en línea a través del portal de la revista<sup>54</sup>.

## **Resultados**

La revista *¿Cómo ves?* es una revista mensual de la Dirección General de Divulgación de la Ciencia de la UNAM que se publica ininterrumpidamente desde diciembre de 1998. Tiene varias secciones fijas (noticias, historia de la ciencia y la tecnología, entrevistas con investigadores, pasatiempos, columnas, reseñas de libros y películas, cartelera, humor) y ofrece en cada número 4 o 5 artículos principales de diversos temas de ciencia. La propia revista ha establecido una clasificación de los artículos en diferentes temáticas (Biología, Física, Ecología, Matemáticas, Química, etc.), la cual hemos considerado para hacer un primer análisis de los títulos publicados. En la Tabla 29 se muestran los artículos que corresponden a química (de acuerdo con la clasificación de la revista) y en el Anexo 3 se muestra el total de los artículos publicados desde el No 1, hasta el actual No. 213 (de agosto de 2016).

**Tabla 29. Títulos correspondientes a química en la revista *¿Cómo ves?***

<b>QUÍMICA</b>	
1.	<b>La química click</b> <i>Marcelino Montiel-Herrera</i> , No. 207, p. 24
2.	<b>Fracking. Beneficios fugaces... ¿daños permanentes?*</b> <i>Verónica Guerrero Mothelet</i> , No. 198, p. 10
3.	<b>Conspiración</b> <i>¿Cómo ves?</i> , No. 198, p. 20
4.	<b>La crisis de los fertilizantes</b> <i>Guillermo Murray Tortarolo, Víctor J. Jaramillo y Guillermo Murray Prisant</i> , No. 195, p. 26
5.	<b>Oro, plata y cobre</b> <i>Laura Gasque</i> , No. 189, p. 16
6.	<b>Isótopo, cuéntame cómo pasó</b> <i>Noemí Rodríguez González</i> , No. 176, p. 22
7.	<b>Micotoxinas: venenos naturales</b> <i>Verónica María López Pérez</i> , No. 169, p. 30
8.	<b>Dorothy Crowfoot: revelaciones de los cristales</b> <i>Gertrudis Uruchurtu</i> , No. 168, p. 26
9.	<b>Moda prehistórica</b> <i>Miguel Rubio Godoy</i> , No. 162, p. 22
10.	<b>En busca de la arquitectura molecular</b> <i>Gertrudis Uruchurtu</i> , No. 162, p. 26
11.	<b>La historia de los colores</b> <i>Gertrudis Uruchurtu</i> , No. 161, p. 26

<sup>54</sup> Disponible en: <http://www.comoves.unam.mx/enelaula/guia> [Consultado el 20 de febrero de 2014])

12. **La química y la magia**  
*Agustín Lopez Munguía*, No. 157, p. 30
13. **Sangre de tu sangre\***  
*Carlos Guevara-Casas*, No. 153, p. 26
14. **Las superfrutas: no son todas las que están, ni están todas las que son\***  
*Agustín López Munguía*, No. 152, p. 22
15. **Lecciones de Fukushima**  
*Benjamín Ruiz Loyola y Jorge Benjamín Ruiz Gutiérrez*, No. 151, p. 16
16. **La química verde**  
*Benjamín Ruiz Loyola y Jorge Benjamín Ruiz Gutiérrez*, No. 150, p. 30
17. **El arsénico, más que un veneno\***  
*Laura Gasque*, No. 149, p. 22
18. **Experimento en Groenlandia**  
*Mirena de Olaizola*, No. 149, p. 30
19. **La picante historia de la jeringa**  
*Benjamín Ruiz Loyola y Jorge Benjamín Ruiz Gutiérrez*, No. 148, p. 26
20. **Leopoldo Río de la Loza, un incansable impulsor de la química en México**  
*Gloria Valek*, No. 147, p. 26
21. **Química y civilización**  
*Benjamín Ruiz Loyola y Jorge Benjamín Ruiz Gutiérrez*, No. 146, p. 30
22. **Gastronomía molecular\***  
*Ulises Solís Hernández*, No. 145, p. 22
23. **Vino, zanahorias y sexo entre aves**  
*Ana Martínez Vázquez y Agustín López-Munguía*, No. 141, p. 22
24. **Hacia una nueva era del plástico**  
*Guillermo Cárdenas Guzmán*, No. 139, p. 22
25. **La transmutación del tequila en diamantes**  
*Luis Miguel Apátiga Castro*, No. 136, p. 16
26. **Humildes utensilios**  
*Juan Carlos Martínez*, No. 134, p. 20
27. **Ventanas de cobre**  
*Atenahys Castro*, No. 122, p. 20
28. **Hasta los huesos\***  
*Verónica Guerrero Mothelet*, No. 120, p. 10
29. **La quitina, molécula multiusos**  
*Ronny Flores*, No. 115, p. 16
30. **El chile y el termómetro corporal**  
*Alfonso Salgado y Luis Vaca*, No. 113, p. 22
31. **La nueva visión del cerebro**  
*Alicia García Bergua*, No. 111, p. 10
32. **De los corales a los rascacielos\***  
*Laura Gasque Silva*, No. 105, p. 22
33. **Mercurio, el metal bello y venenoso**  
*Laura Gasque*, No. 101, p. 30
34. **En busca de la energía perdida, ¿qué te tomas?\***  
*Agustín López Munguía*, No. 98, p. 10
35. **El hidrógeno, energético del futuro\***  
*Laura Gasque*, No. 93, p. 10
36. **Aire limpio, ¿un milagro?**

- Gertrudis Uruchurtu*, No. 91, p. 10
37. **Venenos, envenenados y envenenadores**  
*Gertrudis Uruchurtu*, No. 90, p. 10
38. **Hay algo en el aire.... ¡feromonas!**  
*Miguel Rubio Godoy*, No. 88, p. 22
39. **Retrato del oxígeno\***  
*Laura Gasque*, No. 83, p. 16
40. **El largo viaje de la alquimia a la química\***  
*Gertrudis Uruchurtu*, No. 77, p. 26
41. **La extravagancia del agua\***  
*Margarita I. Bernal U y Gertrudis Uruchurtu*, No. 72, p. 30
42. **Los secretos del café\***  
*Gertrudis Uruchurtu*, No. 69, p. 16
43. **Manchas herrumbrosas**  
*Adriana Elisa Espinosa*, No. 68, p. 20
44. **El nitrógeno: uno de los secretos de la vida**  
*Laura Gasque*, No. 64, p. 22
45. **Alcohol, la ciencia de la libación**  
*Miguel Rubio Godoy*, No. 63, p. 28
46. **Cristales**  
*G.V.*, No. 45, p. 20
47. **Pasteur y las moléculas en el espejo\***  
*Mauricio A. Trujillo-Roldán y Norma Adriana Valdez-Cruz*, No. 44, p. 26
48. **Los plásticos: materiales a la medida**  
*Ana María Sosa*, No. 43, p. 22
49. **El tiempo de la química**  
*José Antonio Chamizo*, No. 42, p. 30
50. **Cosas que brillan**  
*Benjamín Ruiz Loyola*, No. 41, p. 22
51. **Platino, el más noble de los metales**  
*Laura Gasque Silva*, No. 39, p. 30
52. **Las armas químicas\***  
*Benjamín Ruiz Loyola*, No. 38, p. 22
53. **La química del pelo**  
*Ana María Sosa Reyes*, No. 36, p. 26
54. **Los cohetes: artífices de la era espacial\***  
*Rosa María Catalá*, No. 34, p. 22
55. **Un elemento con múltiples personalidades**  
*Laura Gasque Silva*, No. 28, p. 16
56. **Michael Jordan, un tipo con mucha química\***  
*Plinio Sosa*, No. 24, p. 17
57. **El fármaco más pequeño\***  
*Laura Gasque Silva*, No. 23, p. 30
58. **La química como lenguaje**  
*María Emilia Beyer*, No. 20, p. 16
59. **La esfera que cayó del cielo\***  
*Rosa María Catalá*, No. 15, p. 16
60. **El dominio del fuego**  
*Elia Arjonilla y Andoni Garrita*, No. 14, p. 30

61. **La química en el siglo XXI**

*Vicente Talanquer*, No. 12, p. 30

62. **El decálogo del vidrio\***

*José Antonio Chamizo*, No. 4, p. 25

Como vemos, de acuerdo con su clasificación, son un total de 62 artículos dedicados a química, mientras que para biología o astronomía, los números son considerablemente distintos, tal y como puede apreciarse en la Tabla 30.

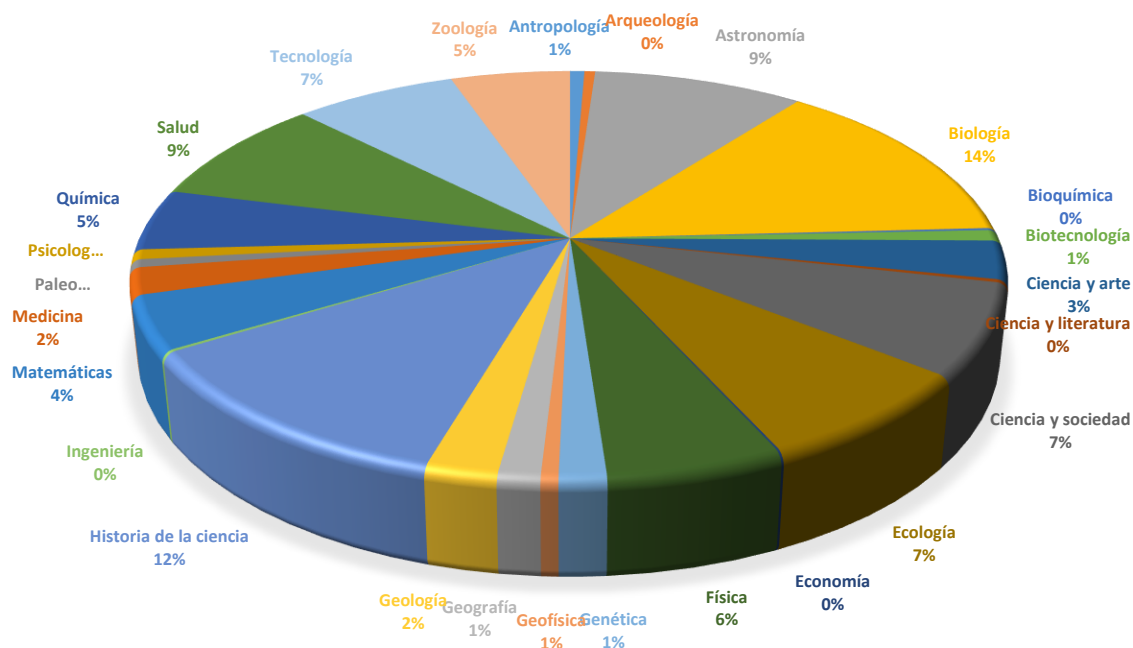
**Tabla 30. Número de publicaciones clasificados por tema**

<b>Tema</b>	<b>Número de publicaciones</b>	<b>Tema</b>	<b>Número de publicaciones</b>
Antropología	8	Geofísica	7
Arqueología	6	Geografía	17
Astronomía	118	Geología	29
Biología	175	Historia de la ciencia	148
Bioquímica	2	Ingeniería	2
Biotecnología	11	Matemáticas	54
Ciencia y arte	39	Medicina	27
Ciencia y literatura	3	Paleontología	8
Ciencia y sociedad	92	Psicología	10
Ecología	95	Química	62
Economía	1	Salud	109
Física	71	Tecnología	91
Genética	19	Zoología	67

En el Gráfico 2, podemos ver el porcentaje de publicaciones que corresponde a cada uno de los temas: los porcentajes más altos corresponden a biología (14%), historia de la ciencia (12%) y astronomía y salud (ambos con 9%), química tiene apenas un 5%.



**Gráfico 2. Porcentaje de publicaciones por tema**



Cabe señalar que la clasificación de los artículos puede ser muy subjetiva ya que algunos podrían considerar que la astronomía forma parte de la física o la ecología de la biología... Asimismo, existen artículos de historia de la ciencia o ciencia y arte que podrían corresponder a otras disciplinas. En un repaso breve, encontramos por ejemplo, en *Historia de la ciencia*, los artículos: “Lavoisier, el partero de la química” o “ Dimitri Mendeléiev: el orden oculto de la materia”; en *Ecología*: “Lluvia ácida” o en *Ciencia y arte*: “La química del grabado”, todos artículos que podrían ser clasificados en química. Sin embargo, para efectos de este trabajo, basta la clasificación de la propia revista, para dar cuenta de que la química no es el tema principal de la revista y que se tienen temas, como los de astronomía que parecen tener mayor relevancia para quienes editan dicha publicación.

Por otro lado, como complemento a este breve análisis de la revista, habrá que señalar la reciente publicación de una “Antología de química ¿Cómo ves?<sup>55</sup>”, cuyo propósito, de acuerdo con José Franco<sup>56</sup> es “apoyar la labor de los maestros del nivel bachillerato de México y Latinoamérica” (p. 6). Para esta publicación se consideraron sólo 22 artículos que se han publicado en la revista y que abordan temas tanto de la historia, materiales, teoría, ambiente y bioquímica... sólo 22 de los más de 60 artículos de química... sólo 22 de los más de 1200 artículos de la revista.

<sup>55</sup> *Antología de química ¿Cómo ves?*, 1ª edición, Dirección General de Divulgación de la Ciencia-Facultad de Química-Instituto de Química, UNAM, Ciudad de México, 2016. Selección de textos de Rosa María Catalá.

<sup>56</sup> Dr. José Franco, Director General de Divulgación de la Ciencia, UNAM.

## 1.2 LIBROS.

Respecto a los libros que se han de analizar, hemos utilizado la información correspondiente a las lecturas básicas o complementarias que sugieren en los programas de estudio de bachillerato<sup>57</sup>, así como los textos de la Biblioteca Escolar y Biblioteca de Aula de la SEP<sup>58</sup> para identificar los textos de divulgación sugeridos para secundaria. De esta revisión, obtuvimos lo siguiente:

**Tabla 31. Referencias provenientes de los programas de estudio de bachillerato**

<b>Del programa de Química III de la Escuela Nacional Preparatoria:</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Bulbulian, S. (1987) <i>La radiactividad</i>. La Ciencia desde México No. 42. México, FCE.</li><li>• Lapp, R. (1987) <i>Materia</i>. Colección científica de Time-Life. México, Culturales Internacionales.</li><li>• Rius, M. y Castro, M.C., (1986) <i>La química hacia la conquista del sol</i>. La Ciencia desde México No. 10. México, Fondo de Cultura Económica.</li><li>• Wilson, M. (1987) <i>Energía</i>. Colección científica de Time-Life. México, Culturales Internacionales.</li><li>• Thompson, P. y O'Brien, R. (1987) <i>La atmósfera</i>. México, Culturales Internacionales. Colección científica de Time-Life.</li><li>• Talesnick, I. (1993) <i>El discreto encanto de la química</i>. México, Fac. Química, UNAM.</li><li>• Guerrero, M. (1995) <i>El agua</i>. México, Fondo de Cultura Económica, La Ciencia desde México/102.</li><li>• Leopold, L. y Davis, K. (1987) <i>El agua</i>. México, Culturales Internacionales. Colección científica de Time-Life.</li><li>• Lewis, M. y Waller, G. (1995) <i>Química razonada</i>. México, Trillas.</li><li>• Beiser, A. (1987) <i>La Tierra</i>. México, Culturales Internacionales. Colección científica de Time-Life.</li><li>• Chamizo, J.A. y Garritz A. (1991) <i>Química terrestre</i>. México, Fondo de Cultura Económica. La Ciencia desde México No. 97.</li><li>• Chow, S. (1987) <i>Petroquímica y sociedad</i>. México, Fondo de Cultura Económica. La Ciencia desde México No. 39.</li><li>• Sarquis, J. y Sarquis, M. (1993) <i>Descubre y disfruta la química</i>. México, Facultad de Química. UNAM.</li><li>• Sandoval, R. (1991) <i>La química en el jardín</i>. México, Educación Química, Vol. 2, Núm. 3.</li></ul>

<sup>57</sup> Sólo se revisarán los programas de estudio analizados previamente: de la DGB, del bachillerato tecnológico y de los bachilleratos de la UNAM.

<sup>58</sup> Disponible en: <http://lectura.dgme.sep.gob.mx/coleccion/titulos.php> [Consultado el 17 de febrero de 2014]

**Del programa de Química I y II de la Escuela Nacional Colegio de Ciencias y Humanidades:**

- Sanjurjo, M. (1996) *La aspirina, legado de la medicina tradicional*, en Educación Química. México, Facultad de Química, UNAM, 7 [1], 13 - 15.
- Talanquer, V. (1999) *La Química en el siglo XXI ¿ángel o demonio?*, en ¿Cómo ves? Revista de divulgación de la ciencia de la UNAM, Año 1, núm. 12, Noviembre, 30-32.
- Romo, A. (1988) *Química, universo, tierra y vida*. Colección la ciencia desde México, Núm. 51. México, SEP- F. C. E., Caps. V y VIII

**Del programa de Química I y II de la Dirección General del Bachillerato:**

- Asimov, I. (2003) Breve historia de la química. España. Alianza Editorial.
- Garritz, A. (2004) Del tequesquite al ADN: algunas facetas de la Química en México. FCE.

**Del programa de Química I y II para el bachillerato tecnológico (DGETI) bajo el concepto "Para el fomento a la lectura":**

- Fierro, J. y Tonda, J. (2006) El libro de las cochinadas. México, editorial ADN.

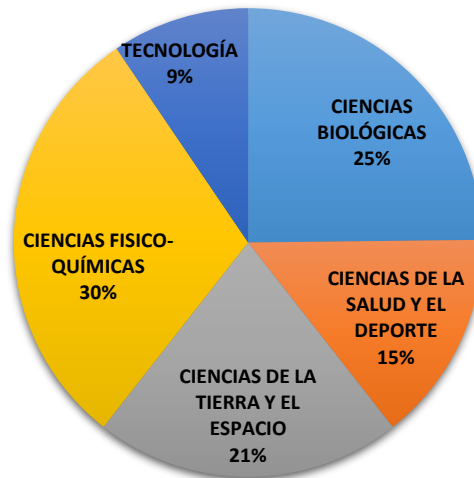
Por otro lado, al hacer la revisión de la Biblioteca Escolar y de Aula, hemos elegido aquéllos títulos que cumplen con dos criterios: 1) que sean para el nivel secundaria<sup>59</sup> y 2) que se refieran a las categorías de ciencias (ciencias biológicas, ciencias de la tierra y el espacio, ciencias físico-químicas, ciencias de la salud y el deporte) y tecnología. Los títulos seleccionados se muestran en el Anexo 4.

Un primer análisis de estos textos lo tenemos de acuerdo con la categoría en la que son clasificados en la propia Biblioteca y que correspondería al área de conocimiento. Aunque esta clasificación puede ser subjetiva pues algunos de los títulos podrían ser usados para el abordaje de temas en diversas disciplinas<sup>60</sup> hemos decidido respetar la clasificación dada por la SEP. De acuerdo con esta clasificación, tenemos que el mayor número de títulos disponibles corresponde a la categoría de Ciencias Físico-químicas (30%), seguido de las C. Biológicas (25%) y las Ciencias de la Tierra y el Espacio (21%), tal y como se observa en el Gráfico 3:

<sup>59</sup> El catálogo de estas bibliotecas abarca los niveles: preescolar, primaria y secundaria.

<sup>60</sup> Por ejemplo, el texto "Venenos: armas químicas de la naturaleza", aunque está clasificado en Ciencias biológicas, también podría estar clasificado dentro de las Ciencias físico-químicas por abordar temas de química.

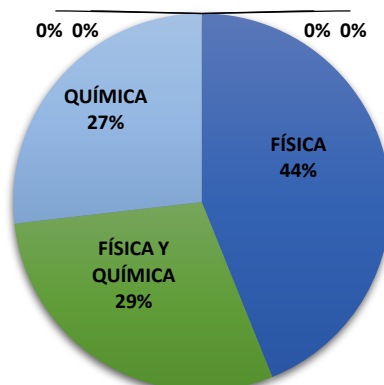
**Gráfico 3. Textos por área de conocimiento (categoría)**



Hay que aclarar que esta categorización es muy general y que dentro de cada categoría podríamos establecer subcategorías de áreas de estudio más específicas, por ejemplo: dentro de las ciencias físico-químicas, podríamos separar física y química así como de las ciencias de la tierra y el espacio a la geología, geografía, ecología y astronomía. Dado que no nos interesa hacer una clasificación tan específica, sólo hemos separado la categoría “Ciencias físico-químicas” en tres: las dos que son claramente distinguibles, física y química, y una tercera subclasificación: “Física y Química” que incluye los textos de temas comunes como por ejemplo: *Relatos de ciencia* que tiene temas de ciencia en general o bien *Dos ciencias que estudian mi mundo* que habla tanto de física como de química, o bien títulos como: *La naturaleza discontinua de la materia* o *La materia* que abordan un tema común en ambas disciplinas: la constitución de la materia.

Bajo estos criterios, vemos que la distribución es ligeramente desfavorable para los textos química con respecto a física. Más aún si tomamos en cuenta que dentro de la clasificación “Ciencias de la tierra y el espacio”, aparecen lecturas sobre astronomía, que es también parte de la física.

**Gráfico 4. Subclasificación de la categoría "Ciencias Físico-Químicas"**



Si observamos el listado de los libros tanto de las Bibliotecas Escolar y de Aula, como de los libros sugeridos en los programas de estudio del bachillerato, podemos identificar claramente algunas de las editoriales dedicadas a la publicación de libros de divulgación: en primer lugar, los libros de la "Biblioteca Juvenil de Aula" de SEP-Santillana y después, algunas editoriales tales como el Fondo de Cultura Económica y ADN Editores.

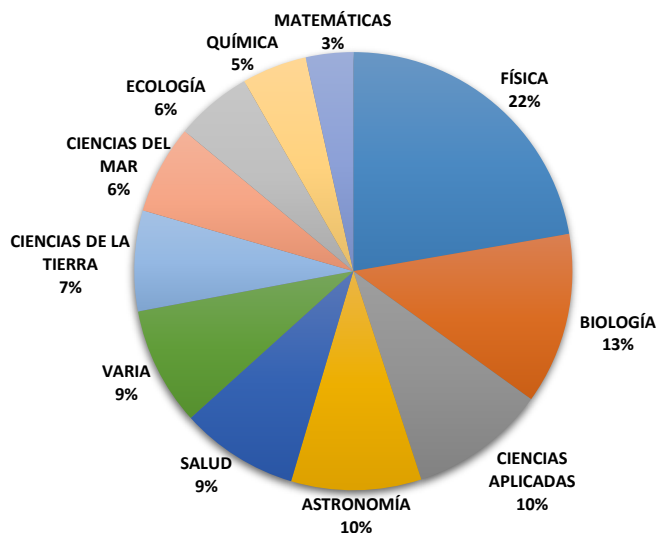
Para complementar este análisis, hemos hecho una revisión de las colecciones de divulgación científica de esas editoriales (los títulos correspondientes se muestran en el Anexo 5), obteniendo los siguientes resultados:

- **Fondo de Cultura Económica (FCE).** El número de títulos de esta colección es de alrededor de 229, de éstos, el número por área temática se puede observar en la Tabla 35, junto con la distribución en la Gráfico 5.

**Tabla 35. Títulos del FCE**

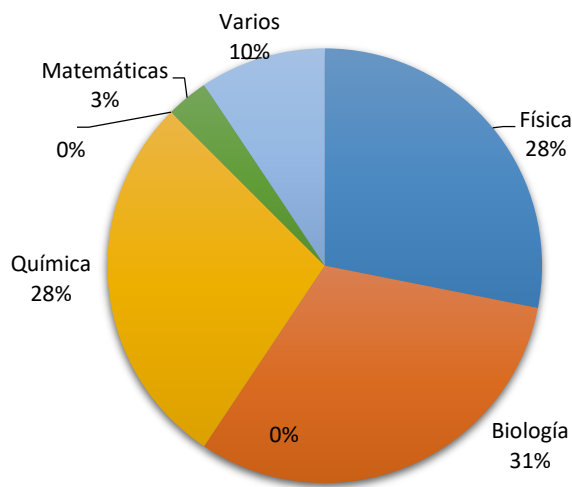
Área Temática	No. Títulos
Física	51
Biología	29
Ciencias Aplicadas	23
Astronomía	22
Salud	20
Varia	20
Ciencias de la Tierra	17
Ciencias del Mar	15
Ecología	13
Química	11
Matemáticas	8

**Gráfico 5. Títulos por área de conocimiento**



- **ADN Editores**<sup>61</sup>. La distribución de los temas de la colección “Viaje al centro de la ciencia” se puede observar en el siguiente gráfico<sup>62</sup>:

**Gráfico 6. Clasificación de títulos de la colección "Viaje al centro de la ciencia"**



#### *A manera de conclusión...*

Como puede observarse, hay un muy buen número de textos de divulgación que van desde las revistas hasta los libros de diversas editoriales. En la mayoría de ellos, se abordan temas de las distintas áreas de las ciencias básicas (física, química, biología, matemáticas, etc.) y de las aplicadas (ingeniería, tecnología, etc.) destacando los textos tanto de biología y sus derivadas (como ecología o medio ambiente) y de física (que podrían incluir, por ejemplo, a la astronomía) y muy por debajo se encuentra la química, que en la mayoría de los casos ocupa un porcentaje muy menor en los títulos publicados al respecto. Un aspecto a considerar a partir de este breve análisis (que desde luego podría ampliarse para analizar todas las revistas) es que aun cuando no se abunda en los artículos o libros que expliquen temas de química, lo cierto es que para comprender otros temas que sí se abordan, se requiere comprender algo de química: los temas ambientales (contaminación, efecto invernadero, lluvia ácida, etc. ), los temas de la salud (medicamentos, efectos de las drogas, enfermedades como la depresión, obesidad, etc.), algunas cuestiones de tecnología (corrosión, nuevos materiales, nanotecnología, etc.) no pueden ser cabalmente comprendidos si es que no se sabe o entiende un poco de química. Es por esta razón, que consideramos necesaria la comprensión de esta disciplina en términos de alfabetización científica y para ello, un mayor número de publicaciones para explicar aspectos básicos, se hace necesario.

<sup>61</sup> Disponible en: <http://www.adneditores.com.mx/frames.htm>

<sup>62</sup> Los libros que pueden clasificar para dos disciplinas se han sumado en ambas, por ejemplo: el texto “Las huellas del átomo” se ha sumado tanto a física como a química.

## 2. TELEVISIÓN

Nadie duda que la televisión ocupa un lugar muy significativo en muchos hogares pues para ciertas familias, constituye el único medio de entretenimiento cotidiano y de fácil acceso. En el caso de nuestro país, la mayoría de los mexicanos consideran a la televisión como el principal medio audiovisual de información, entretenimiento y sí, educación.

Desde su creación, la televisión ha sido considerada como el medio de comunicación masiva más importante por su rapidez, inmediatez, fugacidad, por la relativa sencillez en contenidos y la variedad de las imágenes y sonidos, todas ellas, razones suficientes para considerar que desde el punto de vista de la educación, y particularmente de la educación en ciencias, éste podría ser el medio perfecto para la alfabetización. Sin embargo, dadas las características de nuestro país: las políticas públicas, los intereses políticos y económicos, veremos que esto no necesariamente es así.

Para la revisión de los temas de química en la televisión, se considerarán únicamente los canales de la televisión abierta, en el entendido de que son estos canales, los que llegan a la mayoría de la población, independientemente de su poder adquisitivo. De este modo, los canales que habrán de revisarse con: 2, 5, 7, 11, 13 y 22, en los cuales habrán de identificarse, en primer término los programas de divulgación de la ciencia y si es posible, los temas que se abordan.

En la Tabla 32 se muestra un panorama general de la programación actual que ofrecen los canales antes mencionados:

**Tabla 32. Programación de la televisión abierta en México (agosto 2016)**

CANAL	PROGRAMACIÓN		
2	TELENOVELAS	Despertar contigo Vino el amor Tres veces Ana	Mujeres de Negro Yago
	PROGRAMAS	Hoy La Rosa de Guadalupe Como dice el dicho	Cuéntamelo ya Esta noche con Arath
	FIN DE SEMANA	Sabadazo Doble sentido	Recuerda y Gana 100 mexicanos dijeron
	NOTICIEROS	Las noticias con Danielle Dithurbide Despierta con Carlos Loret de Mola Al aire con Paola Rojas El noticiero con Karla Iberia	Alebrijes Águila o Sol Chapultepec 18 Si me lo dicen no vengo La entrevista por Adela 10 en punto con Denise Maerker Victor Trujillo

	DEPORTES	Acción Noticiero TD	Más Deporte La Jugada
5	SERIES	Malcolm in the Middle The Walking Dead Law & Order UVE The Middle Teen Wolf The Big Bang Theory The Vampire Diaries Pretty Little Liars Gotham	Chicago P.D. The Following Spartacus Chicago Fire Bates Motel Hannibal Sleepy Hollow Drácula Flash
	PELÍCULAS	Diversas	
	CARICATURAS	Diversas	

Azteca 7	ENTRETENIMIENTO	Difícil de Creer El Hormiguero	Lip Sync México
	LAS MAÑANAS DEL 7	A quien corresponda	
	BARRA PARA CHAVOS	Disney club	
	ESPECIALES	StudioCar	Warsies
	7 PRODUCCIONES	Abandonados	La Isla La Revancha
	INFORMATIVOS	Los buenos somos más	
	DEPORTES	7 Xtremo Box Azteca Deporte Caliente 7 DeportV7	El Rincón de Tania Fut Azteca Lucha Azteca Marcaje personal
	SERIES	American ninja warrior Hawaii 5-0 Legends	Mentes criminales The Blacklist
	PELÍCULAS	Cinema estelar Platinum Sábado apantallante	
	SIGUE VIENDO	Al caer la noche Deberían estar trabajando Drenaje profundo El Hormiguero MX	EMPO Awards Insomnia La teniente Lucho en familia Ya cayó
11	ANÁLISIS Y OPINIÓN	Dinero y poder Encuentros Espiral	México social Primer plano Sacro y profano
	ARTE Y CULTURA	Artes D-Todo Itinerario Nuestro origen, nuestra lengua	Palabra de autor Teatro estudio La ciudad de México en el tiempo
	CIENCIA Y TECNOLOGÍA	Casos médicos. Encuentros	Factor ciencia Juegos mentales
	CINE	Cine del once	Docs360



	COCINA	Elogio de la cocina mexicana La ruta del sabor	Tu cocina Viajar para contar
	CONCURSO	A la cachi cachi porra	
	DOCUMENTALES	ColomBío Día de nacimiento	Docs360 Entre mares
	ENTRETENIMIENTO	No eres tú, es alguien más Bienes raíces Central 11 Juana Inés Paramédicos	Crossing Lines Downtown Abbey Foro 11 Noche, boleros y son Yo soy yo
	ENTREVISTA	Aquí nos tocó vivir Conversando con Cristina Pacheco Diálogos en confianza	Fuerza interior Hacer el bien Los que llegaron Retratos
	HISTORIA Y BIOGRAFÍA	Crónicas y relatos de México	María Montessori
	JÓVENES	Fest Jumpers	
	NATURALEZA	El libro rojo. Especies amenazadas	Naturaleza en la ciudad Hospital veterinario
Azteca 13	ESPECIALES	Registro Boom	Registro Tardes con la Bigorra
	ENTRETENIMIENTO	Al Extremo Boom Escape perfecto Las Tardes con la Bigorra MasterChef 2016 MasterChef Junior	No pierdas el billete Qué hay de comer Todo o nada Venga el domingo Venga la alegría A cada quien su santo
	TELENOVELAS	Azteca Novelas Online Boogie Oogie Cuando seas mía Están entre nosotros Un día cualquiera	Flor del Caribe Hasta que te conocí Lo que llamamos las mujeres Sila
	ESPECTÁCULOS	La resolana con el Capi	Ventaneando
	NOTICIAS	Hechos AM TVA Hechos meridiano	Hechos noche Hechos sábado
	PELÍCULAS	Cine Trece	
	AZTECA OPINIÓN	13 en libertad A quemarropa Al filo Aquí entre amigos Berman otras historias Cámara libre Cárdenas Oportunidad	Frente a frente Katia 360 La billetera La Columna de Paco Rodríguez La de ocho La entrevista con

		<p>Poder Desolación De la cepa a la mesa Desafío Desafío Global EC Pablo Boullosa El Nuevo México El otro palco En contexto Encuentro de opiniones Entre líneas Entre reporteros Una mujer en la historia Vidas apasionantes</p>	<p>Sarmiento La otra cara de la moneda La pura verdad Las finanzas con Dario Celis Los corresponsales Los despachos del poder México confidencial Observadores Periferico 1313 Primer círculo Reporte 13 Rocha y Sarmiento Serpientes y escaleras Tocando vidas Un minuto con el arte</p>
	SIGUE VIENDO	<p>Con sello de mujer Famosos en jaque Historias engarzadas Vidas al límite</p>	<p>La historia detrás del mito La vida sigue Lo que la gente cuenta Tras las rejas</p>
22	SERIES	<p>Apocalipsis. La Segunda Bailando al límite Bandolera Los británicos Caravaggio El molino Poirot Puccini Vida y destino Los herederos La resistencia Las confesiones del estafador</p>	<p>El conde de Montecristo Cuéntame cómo pasó El diario de Rae Earl Dostoyevsky Einstein, la teoría del amor Gigantes de papel Isabel Llamen a la partera Catalina la grande Carlos, Rey Emperador El Ministerio del tiempo</p>
	¡CLIC CLAC! (PARA NIÑOS)	<p>Fan de la cultura Apantallados TV Mundo caracol La lleva Cédric La tercera Ave-nida Perritos de la pradera Anímate con tu Constitución <b>Los chicos inventores</b></p>	<p>Telmo y Pitágoras La vaca Napux El club de la galaxia Timmi el cohete La historia que sigue Teatro de fábulas Cuentos de así fue El Taller de Papo Rafa la jirafa Los pequeños cuentos</p>

		¿Qué dicen los mayas? ¡Órale con la ciencia! La nota de lata	de Wismo Grandes minipoderosos Contraptus
	ENTRETENIMIENTO	La oveja eléctrica La raíz doble Doc TV Lationamérica ...De raíz luna Grandes figuras del arte mexicano Tocando Tierra Tratos y retratos	La dichosa palabra Leamos juntos 20 y más por el arte Arquitecturas mexicanas del s.XXI Historias sabrosas Los alimentos terrenales Restaurando México Página cero
	NOTICIAS	Agencia N22	
	CINEMA 22	Cineteca de oro Iberoamericano Cinema 22 del mundo Mexicano	Muestra Internacional de cine Cine de autor 5 estrellas Zona D

Como podemos observar, al día de hoy son muy pocos los programas en la televisión abierta que abordan algún tema de ciencia. Básicamente son dos canales: el canal once del IPN y el Canal 22 del gobierno federal, quienes tienen programas de este tipo. Los canales privados no aportan ningún tipo de programación de divulgación científica.

El canal 11, cuenta con cuatro programas relacionados con la divulgación científica: *Factor ciencia* (revista científica en el que se habla de diversos temas tanto de México como del mundo), *Casos médicos* (se abordan las nuevas tecnologías y el avance científico para tratar casos médicos reales), *Encuentros* (se habla de diversos personajes de la ciencia, el arte y la cultura del IPN) y *Juegos mentales* (se abordan diversos juegos y experimentos para estimular la mente y revelar el funcionamiento del cerebro). Debido a la falta de información sobre la temática específica de estos programas, no es posible determinar si se abordan temas de química específicamente, aunque por la descripción de los programas, parecen más hablar sobre tecnología.

Por otro lado, están los programas del Canal 22, al parecer, en la barra de caricaturas se tratan temas de ciencia y tecnología a través de los programas: *Los chicos inventores*, *¡Órale con la ciencia!* y *Contraptus*. Para un público de mayor edad se tiene *La Oveja eléctrica*, cuya descripción aparece en la Figura 2. En el caso de estos programas, dada la carencia de información, también resulta complicado distinguir si se aborda la química en específico, por los títulos de los programas, es evidente que aspectos como astronomía, física y tecnología en general, son los que están presentes.

**Figura 2. Ficha técnica del programa “La oveja eléctrica” del Canal 22**

**La oveja eléctrica.** Nuevos episodios  
Document Body  
Martes, 20:30 h. por el 22.1



MARTES,  
20:30 h.  
**LA OVEJA  
ELÉCTRICA**  
NUEVA TEMPORADA

En **Canal 22** mezclamos los conocimientos eléctricos de científicos investigadores con los de **Pepe Gordon** para mostrar, en la décima temporada de **La oveja eléctrica**, los escenarios de conocimiento en el XXI.

Desde diversos escenarios nacionales e internacionales el conductor entrevistará a los protagonistas de la ciencia y la tecnología para abordar temas que van desde las moléculas hasta el deporte, pasando por las ondas gravitacionales, la cartografía del Universo, las fuentes de energía renovable, la neurociencia, los deportes, entre otros que despertarán la curiosidad e imaginación de la audiencia.

Además, Aura López presenta las novedades tecnológicas que nos dejarán con el ojo cuadrado; *La Morsa* nos dirá qué hacer para estar protegidos de los hackers; Myriam Moscona rescatará las imágenes de la ciencia que plantean enigmas; y la gran novedad, los cantos cuánticos de Fernando Rivera Calderón, serán el toque de humor para hablar de ciencia y tecnología.

Aunque esta visión de la televisión es una “instantánea” de lo que el día de hoy se ve en la televisión, no hay mucha diferencia con lo que ocurría en otras épocas. De acuerdo con la investigación realizada por Martínez y Trejo (2012), los canales de televisión abierta han carecido la mayoría del tiempo de programas de divulgación científica. En el caso del canal 2, las autoras mencionan que “De acuerdo a la investigación realizada este canal no ofrece, ni ha ofrecido en su programación algún programa de divulgación científica en general ni a los niños en particular” (p. 34). En cuanto al Canal 5, sólo se alude al programa *La teoría del Big Bang* (que se empezó a transmitir en el 2010), cuyo contenido remite a algunos temas de ciencia sin profundizar demasiado en las explicaciones científicas. Por otro lado, con los canales de TV Azteca pasa más o menos lo mismo: “[el canal 13] no incluye programas de divulgación científica ni para el público en general ni para los niños en particular” (p. 38) y para el canal 7, el único programa que podría considerarse es *DDC* (Difícil de creer), pero que: “aunque tampoco es puramente de divulgación científica si incluye contenidos que abarcan desde las ciencias biomédicas, la tecnología y la astrofísica, hasta la psicología y datos desconocidos de la historia. Sin embargo, toca algunos otros temas como leyendas, mitos o algunos otros temas que no han sido comprobados científicamente” (p. 39)

En contraste, al igual que hoy día, están los canales 11 y 22. En el caso del canal 11, uno de los programas más importantes fue *El mundo de Beakman*, un programa estadounidense de divulgación científica que a partir de experimentos explicaba diversos aspectos científicos y que se transmitió por este canal del entre 1994 y 2002. El 13 de febrero de 2012, la serie es reestrenada para salir del aire el 30 de septiembre de 2013, y volvió de nuevo el 16 de junio de 2014 por un corto periodo. Otro programa transmitido por este canal en 2012, fue *Ciencia en evidencia*, “en el cual con rigor científico y desarrollos tecnológicos en México se ponen bajo el microscopio las creencias populares” (Trejo y Martínez, 2012: 42).

En el caso del canal 22, se contaba entre su programación Mirador universitario con producciones de EDUSAT que abordaban temas de divulgación de la ciencia y las artes, dentro de ellos: *SEP a inglés*, *Al natural*, *Maestros detrás de las ideas*, *Onda libros*, *SEP a computo*, entre otros en coordinación con el ILCE. Quizá el programa de divulgación más importante de este canal y que fue de producción original es *Gregoria la cucaracha*, “serie que explora el mundo del conocimiento científico y las nuevas tecnologías. Es un programa lúdico con formato de revista, donde hay una historia, le sigue una entrevista, luego la participación de un especialista, enseguida aparece un videoclip y un fragmento donde se sondea a la gente sobre diversos temas ecológicos, científicos, filosóficos, entre otros” (Trejo y Martínez, 2012: 44)

#### *A manera de conclusión...*

Como podemos observar, el número de programas de divulgación científica en México son (y han sido) muy escasos. De acuerdo con la investigación realizada por Heriberto Martínez (2002), en la que se hace una revisión histórica de los programas de ciencia en la televisión abierta, la conclusión es contundente:

“están desapareciendo los programas de divulgación científica [...] en esta década [los 90's] sólo se llegó a 13468 horas en 11 años, ya que la información abarca no sólo la década del noventa sino también el primer año del nuevo milenio, estas 13468 horas representaron el 2.4% del tiempo total de transmisión de la televisión mexicana a programas con temas científicos o tecnológicos [...] Sin duda que los números no mienten y las gráficas indican que las televisoras privadas Televisa y Televisión Azteca han reducido el número de horas dedicadas a difundir la ciencia aunque también es cierto que las televisoras estatales como el 11 y 22 han mantenido una constante, falta mucho por hacer al respecto...” (p. 89)

La tendencia es la misma: apenas las canales 11 y 22 emiten programación de este tipo y son solo unos cuantos programas los que podrían considerarse con cierto impacto: *El mundo de Beackman*, *La oveja eléctrica* y *Gregoria la cucaracha*. Desafortunadamente, la audiencia de estos dos canales está por debajo de los otros

cuatro de televisión abierta antes señalados. En cuanto a los contenidos de dichos programas, es difícil obtener información al respecto pues muchos de ellos han tenido varias temporadas en años pasados y no hay una fuente de información que pudiera analizarse para identificar los temas abordados en los programas.

En el caso particular de la televisión como medio de divulgación, queda en segundo plano identificar si se habla o no de química... lo que es relevante es si se habla o no de ciencia en general, y como vemos, el panorama no es muy alentador: abundan las telenovelas, los programas de entretenimiento y desde luego, deportes y noticias. La televisión es, sin duda, un reflejo del analfabetismo científico de nuestro país.

## **MUSEOS Y CENTROS DE CIENCIAS**

*Un poco de historia...*

Una de las características del ser humano es su afición por poseer cosas, por coleccionarlas y por exhibirlas, ya sea para el goce personal, para la muestra de nuestros gustos y aficiones hacia los demás o simplemente para poseer ese objeto que nos significa algo (placer estético, poderío económico, conocimiento científico, etc.). Esta característica, es la que dio origen, en tiempos remotos, a los museos.

De acuerdo con el Consejo Internacional de Museos (ICOM), la definición actual de museo es:

“Un museo es una institución permanente, sin fines de lucro, al servicio de la sociedad y abierta al público, que adquiere, conserva, estudia, expone y difunde el patrimonio material e inmaterial de la humanidad con fines de estudio, educación y recreo.” (ICOM, 2007)<sup>63</sup>

Pero ésta, es una definición reciente, que obedece a su tiempo y que ha evolucionado junto con los propios museos. Tanto las razones de existir, como los objetivos y finalidades del museo se han ido modificando a lo largo de los años y un breve repaso por esta historia, podría ser conveniente para entender la importancia de los mismos hoy día, no sólo como “guardianes” de los objetos que hablan de la cultura sino también, como herramienta para la alfabetización y la educación, tal como se plantea en este trabajo.

El origen del museo, como podríamos esperar, se remonta al coleccionismo: las obras de arte griegas, las suntuosas colecciones de Nerón y Tiberio son sin duda, los orígenes de estas instituciones. Es hasta la Edad Media cuando hay un cambio en el coleccionismo individual y privado para llevar los objetos artísticos a la exhibición en las iglesias y palacios en las llamadas “cámaras del tesoro” (Valdés, 1999; Alderoqui, 2006). Será desde el siglo XVI y hasta el XVIII cuando personajes de toda índole (desde profesores universitarios hasta aristócratas y príncipes) se dediquen a la acumulación de objetos naturales y tecnológicos, a su organización en determinados espacios y a su exhibición a públicos selectos para mostrar “el poder y magnificencia de sus propietarios” dando origen a los llamados “*cabinets de curiosités*, cámaras de maravillas o Wunderkammeren” (Nieto-Galán, 2011: 83). Uno de los principales ejemplos de este tipo de colecciones, será la del naturalista italiano Ulises Aldrovandi en la que se exponen, de manera ordenada, diversos objetos: plantas, animales, minerales, esculturas, relojes,

---

<sup>63</sup> Definición obtenida del sitio web del Consejo Internacional de Museos (ICOM). Disponible en: <http://icom.museum/la-vision/definicion-del-museo/L/1/> [Consultada en 30 de julio de 2016]

instrumentos, etc., con este tipo de colecciones, aparece la sistematización de los espacios y se hace evidente el carácter científico de las colecciones.

A partir de ese momento, el museo empieza a tener una función importante: "Italia, Francia y Suiza conocen en el siglo XVII la creación de los museos públicos" (Valdés, 1999: 31). Con el paso del tiempo se da la división espacial de las colecciones y en el s. XVIII aparecen los primeros museos de Historia Natural, mientras que el surgimiento de los museos de arte se da a finales de siglo y durante todo el s. XIX.

Ya para el siglo XX, se desarrolla un importante interés por las civilizaciones antiguas y la arqueología y junto con ello, se empieza a instaurar en el museo la función de conservación e investigación, más allá de la mera acumulación o exhibición de objetos. No será sino hasta antes de la Segunda Guerra Mundial –en Estados Unidos- en donde la función social del museo empieza a tomar relevancia:

"A partir de la Segunda Guerra Mundial se inicia el gran desarrollo del número de museos en todo el mundo, al mismo tiempo que los países involucrados en reformas políticas, sociales, económicas, educativas, etc., de signo democrático ven como una obligación ineludible el acercamiento del museo a la sociedad" (Valdés, 1999: 35)

Es a partir de este momento, que surgen los llamados *Science Centers* o museos interactivos y con ellos, una nueva manera de mirar no sólo los objetos, sino a la ciencia misma:

"No se trataba de mostrar o comentar un antiguo microscopio proveniente de algún viejo laboratorio universitario, o una máquina de vapor donación de una determinada industria [...], sino de representar con maquetas y modelos abstractos e interactivos determinados conceptos científicos" (Nieto-Galán, 2011: 101)

Una nueva forma de museología surge: ya no son sólo los objetos que dan cuenta de la tradición cultural o artística, la tecnología entra al servicio de la explicación de los principios científicos<sup>64</sup> y en el caso de los centros de ciencia, el papel del conservador de las colecciones deja su espacio a un nuevo personaje: el divulgador.

Como vemos, la evolución del museo ha sido lenta pero constante y ha obedecido a diferentes intereses y objetivos. En el caso de los *Science Centers* y apegado a esta evolución, Ten (2005) en un breve análisis, ha establecido hasta cinco generaciones en la historia de los museos científicos, que más que sucesivas, estas generaciones

---

<sup>64</sup> Aquí cabe señalar que la "explicación de los principios científicos" tampoco es inocente y meramente altruista. En los *Science Centers* de todo el mundo se ofrece una visión particular de la ciencia que depende de los intereses políticos y económicos (no sólo académicos) correspondientes al momento histórico que se vive.



representan intereses que pueden haberse perpetuado en épocas muy distintas a aquellas que les dieron origen, de manera que hoy, pueden coexistir:

- La primera, cronológicamente, es la de los museos de colecciones: son los clásicos museos en los que en vitrinas se conservan y exponen los testimonios materiales de la ciencia del pasado. Ejemplos de estos museos: Museo de Geología en México, el *Museum of History of Science* en Oxford o el Museo Galileo en Florencia.
- La segunda generación es la de los museos tecnológicos: su origen se remonta al siglo XVIII y nacieron para conservar y exponer las herramientas que permitían las revoluciones tecnológicas que se iban produciendo. El ejemplo más claro sería el *Museum of Science and Technology* en Manchester o el *Museu de la Ciència i de la Tècnica de Catalunya* en Barcelona.
- La tercera generación es la de los museos interactivos: netamente dirigidos a la transmisión del conocimiento a partir de la interacción del “objeto” con el “sujeto”, se deja de lado la tradición de la sola observación y el *no tocar*, para dar paso a la manipulación y al juego. De este tendríamos varios ejemplos: el *Science Museum* de Londres, la *Cité des Sciences et de L'industrie* en París, *Museo Nazionale Scienza e Tecnologia “Leonardo Da Vinci”* y la mayoría de los museos de ciencia mexicanos como Universum de la UNAM, el Laberinto de San Luis Potosí, entre otros.
- La cuarta generación es la de los parques temáticos. Su origen se encuentra en la confluencia de dos fenómenos sociales: las exposiciones universales que se realizan desde 1851 y los parques de atracciones que se ponen de moda a principios del siglo XX. La mayor parte de los llamados parques temáticos que ahora se han puesto de moda, no son más que parques de atracciones disfrazados, que poco tienen que ver con el concepto original. El concepto puede ejemplificarse con el parque Kidzania en la Ciudad de México y los parques *Disney* en el mundo.
- La quinta generación, es la de los museos virtuales. Hijos de la era de la Internet, son sin duda los museos propios del siglo XXI. En la actualidad, la mayoría de los museos establecidos tienen algunas de sus salas en imagen virtual, un ejemplo de este tipo en México es el Museo del vidrio<sup>65</sup> de Monterrey, Nuevo León.

Con este recorrido, queda claro que los museos se han modificado no sólo en el tipo de objetos exhibidos, en la manera de mostrarlos o en la tecnología introducida a las salas, sino también en los objetivos de ese mostrar o exhibir. Pero además, otra cosa que se ha ido modificando es la manera en la que esos museos son vistos por el público que los visita y cómo la sociedad se apropia (o no) de lo exhibido en ellos.

---

<sup>65</sup> El sitio web es: <http://www.museodelvidrio.com>

Para el caso particular, una de estas “nuevas” maneras de ver al museo, y particularmente al museo de ciencias, es como una herramienta para la educación, no sólo informal (como lo es por la mera definición de museo) sino también para la educación formal y en un ámbito más general, para la alfabetización en ciencias. Son muchos los trabajos que se han dedicado al estudio de cómo el museo puede ser usado para el aprendizaje de las ciencias en general (Allen, 2004; Payne *et al*, 2005; Tal *et al.*, 2005; Guisasola y Morentin, 2007; Pacheco, 2007; Segarra *et al.*, 2008,) y de algunos temas en particular como la geología o la física (Guisasola *et al*, 2005; Sánchez-Mora, 2006; Reis *et al.*, 2014) y desde luego, la química (Silberman y Trautmann, 2004; Morris, 2006; Borges *et al*, 2011; Meissner y Bogner, 2011).

En lo que todos estos artículos coinciden, es que el museo es un espacio de aprendizaje tanto desde el punto de vista de la educación informal: porque se muestra una diversidad de objetos, dispositivos mecánicos y multimedia que no aparecen en otros espacios (por ejemplo, de la educación formal) lo que abre la posibilidad al asombro, a la curiosidad, a la interactividad y al conocimiento y porque el visitante tiene la opción de aprender sólo lo que le interesa y le es atractivo... como desde el punto de vista la educación formal: porque, además de brindar elementos (objetos, dispositivos, etc.) con los que no se cuenta en la escuela, éstos se presentan de manera lúdica, pero también, cuando la visita al museo tiene la característica de ser dirigida hacia un aprendizaje concreto, el diseño de las actividades previo, durante y posterior a la visita, implican objetivos específicos orientados a que los estudiantes aprendan de otra manera los contenidos: los contextualicen, los relacionen con otros entornos y reflexionen sobre ellos (Anderson *et al.*, 2005). En otras palabras:

“El museo no es la escuela y posee potencialmente mecanismos de comunicación propios para poder ‘seducir’ a su público. Tiene que ser un espacio sugestivo donde no necesariamente las cosas deban explicarse como en la situación de clase. No hay únicas estrategias de construcción de conocimiento y el aprendizaje en el museo puede ser a la vez romántico, emotivo, activo, interactivo y reflexivo” (Alderoqui en Alderoqui, 2006:37).

Con base en todo lo anterior, es que consideramos importante el museo para el aprendizaje de la química tanto desde el punto de vista de la educación informal, como de la formal y para ello, la primera pregunta sería ¿hay química en los museos de ciencia? Y si sí, ¿qué temas se abordan y cómo lo hacen?

### **7.1 Metodología.**

El análisis de los museos que se pretende en este trabajo, consiste en la visita a diferentes museos y centros de ciencia tanto mexicanos como extranjeros con el fin de identificar los temas de química que se abordan en ellos, la museografía empleada y el vínculo que hacen con la educación formal.

El primer paso para este análisis, fue seleccionar los museos a visitar (tanto nacionales como extranjeros). Posteriormente, se realizaron los recorridos, poniendo atención a los criterios elegidos para la identificación de la química:

- 1) Unidad de la química: mol, se identifica si se hace referencia a la unidad o a alguna referencia a ella (por ejemplo, composición molar).
- 2) Lenguaje: nomenclatura química, se identifican nombres, símbolos de elementos y fórmulas de compuestos.
- 3) Técnicas (análisis y síntesis): descripción de procesos (reacciones químicas) o muestra de instrumentos (equipo y material de laboratorio).
- 4) Se identifican también aspectos relacionados con la historia de la disciplina y elementos de contextualización del tema (es decir, que los temas abordados se socialicen dentro de la comunidad, ya sea ciudad o país).

Para la identificación de los museos y centros de ciencia en México, no se tiene una base de datos específica sobre estas instituciones. Por lo tanto, para la selección de los museos, se cruzó la información proporcionada por la Asociación Mexicana de Museos y Centros de Ciencia y Tecnología (AMMCCYT)<sup>66</sup>, y la búsqueda específica por cada Estado de la República a través del Sistema de Información Cultural de México<sup>67</sup>. Además, se siguieron algunos criterios simples para la elección de los sitios:

- 1) No se consideran los centros que se refieren a planetarios, zoos o jardines botánicos.
- 2) Se han sumado al listado de museos de ciencia, museos cuya temática puede relacionarse con la química, por ejemplo: museos de geología o mineralogía, el Museo de la Luz, el Horno 3 (museo del acero) o el MET-MEX (museo de los metales).

A partir de estos criterios, el listado de museos es el siguiente:

**Tabla 33. Museos y Centros de Ciencias en México**

MUSEO O CENTRO	
1.	Descubre, Museo de Ciencia y Tecnología (Aguascalientes)
2.	El Trompo, Museo interactivo Tijuana (Baja California)
3.	Museo "Caracol" de Ciencia y Acuario (Baja California)
4.	Museo Sol del Niño (Baja California)
5.	Casa de la Tecnología DGETI (Campeche)
6.	MET-MEX Peñoles (Coahuila)
7.	Museo del Desierto (Coahuila)
8.	Museo "El Giroscopio" (Coahuila)
9.	Museo Interactivo Xoloitzcuintle (Colima)

<sup>66</sup> Disponible en: <http://museosinteractivos.org/museums.pl> [Consultada el 17 de febrero de 2013]

<sup>67</sup> Disponible en: <http://sic.conaculta.gob.mx/> [Consultado el 18 de febrero de 2014]

10.	Museo Chiapas de Ciencia y Tecnología (Chiapas)
11.	Semilla Museo-Centro de Ciencia y Tecnología de Chihuahua (Chihuahua)
12.	Centro de Difusión de Ciencia y Tecnología-IPN (CDMX)
13.	Museo de la Luz-UNAM (CDMX)
14.	Museo de Geología-UNAM (CDMX)
15.	Museo Tecnológico de la CFE (CDMX)
16.	Papalote-Museo del Niño (CDMX)
17.	Universum. Museo de las Ciencias (CDMX)
18.	Bebeleche. Museo interactivo de Durango (Durango)
19.	Museo Modelo de Ciencias e Industria-MUMCI (Edo. de México) <sup>68</sup>
20.	Museo de ciencias Naturales (Edo. de México)
21.	Museo Gabinetes de Física, Química y Medicina-UAEM (Edo. de México)
22.	Centro de Ciencias Explora (Guanajuato)
23.	Museo de Ciencias. Centro de Investigaciones en Óptica, A.C (Guanajuato)
24.	Museo interactivo “La Avispa” (Guerrero)
25.	Museo “El Rehilete” (Hidalgo)
26.	Trompo Mágico Museo Interactivo (Jalisco)
27.	Museo de Historia Natural Manuel Martínez Solórzano (Morelia)
28.	Museo de Geología y Mineralogía Dr. Jenaro González Reyna (Morelia)
29.	Museo de Ciencias de Morelos (Morelos)
30.	Papalote Cuernavaca-Museo Interactivo Infantil (Morelos)
31.	Museo Interactivo de Ciencias e Innovación de Nayarit (Nayarit)
32.	Horno 3- Museo del acero (Nuevo León)
33.	Museo del Vidrio (Nuevo León)
34.	Museo del Palacio Espacio de la diversidad (Oaxaca)
35.	Imagina. Museo interactivo Puebla (Puebla)
36.	Museo de Mineralogía Dr. Miguel Romero Sánchez (Puebla)
37.	Centro Educativo y Cultural “Manuel Gómez Morín”-Museo de Ciencia y Tecnología “Péndulo de Foucault” (Querétaro)
38.	Museo Laberinto de las Ciencias y las Artes (San Luis Potosí)
39.	Museo Interactivo “Colibrí” (Rio verde)
40.	Museo-Casa de la Ciencia y el Juego (S.L.P)
41.	Centro de Ciencias de Sinaloa (Sinaloa)
42.	Museo Interactivo sobre las Adicciones (Sinaloa)
43.	La Burbuja, Museo del niño (Sonora)
44.	Museo Interactivo Papagayo (Tabasco)
45.	Tamux-Museo de Historia Natural de Tamaulipas (Tamaulipas)
46.	Museo Interactivo de Xalapa-MIX (Veracruz)
47.	Museo de Historia Natural (Yucatán)
48.	Zig-Zag Centro Interactivo de Ciencia y Tecnología de Zacatecas (Zacatecas)
49.	Museo Universitario de Ciencias (Zacatecas)

<sup>68</sup> Sólo estuvo abierto de junio de 2009 a marzo de 2014.

Debido a la gran cantidad de museos, se tuvo que hacer una selección de los mismos en función de las posibilidades personales (de tiempo y económicas) para realizar las visitas. Se trataron de elegir museos “muestra” de cada región del país (norte, sur, oriente, poniente y centro) con el propósito de tener un análisis representativo: se eligieron 13 museos de once estados de la República. La selección final se muestra en la Tabla 34.

Para hacer la comparación con el extranjero, se eligieron algunos museos europeos y estadounidenses. La selección se hizo en función del prestigio propio de los museos, de la recomendación de expertos<sup>69</sup> y sobre todo, de las posibilidades personales (de tiempo y económicas) para realizar las visitas. Se eligieron veintidós museos, de quince ciudades y ocho países. La selección se muestra en la Tabla 35.

---

<sup>69</sup> Durante la Estancia de Investigación realizada en la Universidad Autónoma de Barcelona, se tuvo la oportunidad de dialogar con algunos expertos (entre ellos Agustí Nieto-Galán, Alfons Zarsozo, Xavier Roqué, etc.) tanto en historia, educación y divulgación de la ciencia, quienes aportaron sus sugerencias para la elección de los museos a visitar.

**Tabla 34. Selección de museos y centros de ciencia mexicanos**

	<b>Museo</b>	<b>Ciudad</b>	<b>Estado</b>	<b>Página web</b>
1.	DESCUBRE, Museo de Ciencia y Tecnología	Aguascalientes	Aguascalientes	<a href="http://www.aguascalientes.gob.mx/descubre/Descubre.html">http://www.aguascalientes.gob.mx/descubre/Descubre.html</a>
2.	Museo de Geología-UNAM	Ciudad de México		<a href="http://www.geologia.unam.mx/igl/museo/index.html">http://www.geologia.unam.mx/igl/museo/index.html</a>
3.	UNIVERSUM, Museo de las Ciencias	Ciudad de México		<a href="http://www.universum.unam.mx">http://www.universum.unam.mx</a>
4.	BEBELECHE. Museo interactivo de Durango	Durango	Durango	<a href="http://www.bebeleche.org.mx">http://www.bebeleche.org.mx</a>
5.	EXPLORA. Centro de Ciencias	León	Guanajuato	<a href="http://w.explora.edu.mx">http://w.explora.edu.mx</a>
6.	TROMPO MÁGICO. Museo Interactivo	Guadalajara	Jalisco	<a href="http://www.trompomagico.com.mx">http://www.trompomagico.com.mx</a>
7.	HORNO 3. Centro Interactivo de Ciencia y Tecnología. Museo del acero.	Monterrey	Nuevo León	<a href="http://www.horno3.org">http://www.horno3.org</a>
8.	IMAGINA. Museo interactivo Puebla.	Puebla	Puebla	No tiene
9.	LABERINTO. Museo de las Ciencias y las Artes	San Luis Potosí	San Luis Potosí	<a href="http://museolaberinto.com/index.html">http://museolaberinto.com/index.html</a>
10.	PAPAGAYO. Museo Interactivo	Villahermosa	Tabasco	No tiene
11.	MIX. Museo Interactivo de Xalapa	Xalapa	Veracruz	<a href="http://mix.org.mx">http://mix.org.mx</a>
12.	Museo Universitario de Ciencias	Zacatecas	Zacatecas	<a href="http://museo.uaz.edu.mx">http://museo.uaz.edu.mx</a>
13.	ZIG-ZAG. Centro Interactivo de Ciencia y Tecnología.	Zacatecas	Zacatecas	No tiene una propia. Se da alguna información en: <a href="http://www.cozcyt.gob.mx/site2/">http://www.cozcyt.gob.mx/site2/</a>

**Tabla 35. Selección de museos y centros de ciencia extranjeros**

	<b>Museo</b>	<b>Ciudad</b>	<b>País</b>	<b>Página web</b>
1.	Deutsches Museum	Milán	Alemania	<a href="http://www.deutsches-museum.de">http://www.deutsches-museum.de</a>
2.	Deutsches Technikmuseum	Berlín		<a href="http://www.sdtb.de/Home.623.0.html">http://www.sdtb.de/Home.623.0.html</a>
3.	Museum für Naturkunde			
4.	Institut Royal des Sciences Naturelles	Bruselas	Bélgica	<a href="http://www.naturkundemuseum.berlin">http://www.naturkundemuseum.berlin</a>
5.	Danmarks Tekniske Museum	Copenhague	Dinamarca	<a href="http://tekniskmuseum.dk">http://tekniskmuseum.dk</a>
6.	Statens Naturhistoriske Museum. Geologisk Museum			<a href="http://geologi.snm.ku.dk">http://geologi.snm.ku.dk</a>
7.	Cosmocaixa	Terrassa, Barcelona	España	<a href="https://obrasociallacaixa.org/es/ciencia">https://obrasociallacaixa.org/es/ciencia</a>
8.	Museu de la Ciència i de la Tècnica de Catalunya			<a href="http://mnactec.cat/es/">http://mnactec.cat/es/</a>
9.	Ciutat de les Arts i les Ciències. Museu de les Ciències	Valencia		<a href="http://www.cac.es/es/museu-de-les-ciencies.html">http://www.cac.es/es/museu-de-les-ciencies.html</a>
10.	Musèè des Arts et Meètiers	París	Francia	<a href="http://www.arts-et-metiers.net">http://www.arts-et-metiers.net</a>
11.	Cité des Sciences et de L'industrie (París)			<a href="http://www.cite-sciences.fr/fr/accueil/">http://www.cite-sciences.fr/fr/accueil/</a>
12.	Palais de la Dècouverte			<a href="http://www.palais-decouverte.fr/fr/accueil/">http://www.palais-decouverte.fr/fr/accueil/</a>
13.	Museo Nazionale Scienza e Tecnologia "Leonardo Da Vinci"	Milán	Italia	<a href="http://www.museoscienza.org">http://www.museoscienza.org</a>
14.	Museo Galileo. Istituto e Museo di Storia della Scienza	Florenca		<a href="http://www.museogalileo.it/en/index.html">http://www.museogalileo.it/en/index.html</a>
15.	Science Museum	Londres	Reino Unido	<a href="http://www.sciencemuseum.org.uk">http://www.sciencemuseum.org.uk</a>
16.	National History Museum			<a href="http://www.nhm.ac.uk">http://www.nhm.ac.uk</a>
17.	Museum of the History of Science	Oxford		<a href="http://www.mhs.ox.ac.uk">http://www.mhs.ox.ac.uk</a>
18.	Museum of Science and Industry	Manchester		<a href="http://msimanchester.org.uk">http://msimanchester.org.uk</a>
19.	Smithsonian National Museum of Natural History	Washington	Estados Unidos de América	<a href="http://naturalhistory.si.edu">http://naturalhistory.si.edu</a>
20.	American Museum of Natural History	Nueva York		<a href="http://www.amnh.org">http://www.amnh.org</a>
21.	The Academy of Natural Sciences	Filadelfia		<a href="http://www.ansp.org">http://www.ansp.org</a>
22.	Chemical Heritage Foundation		<a href="https://www.chemheritage.org">https://www.chemheritage.org</a>	

## 7.2 Resultados.

Los resultados de los recorridos por los museos antes mencionados se muestran las Tablas 36 y 37. En la Tabla 36 que se muestra a continuación, se describen los temas de química que se abordan en las salas de los distintos museos.

**TABLA 36. IDENTIFICACIÓN DE LA QUÍMICA EN EL MUSEO**

ALEMANIA							
	¿Sala de química?	Salas/ Dispositivos en los que se aborda la química	Temas de la disciplina	¿Cómo se identifica?			
				Unidad (mol)	Lenguaje (Nomenclatura)	Método (análisis/ síntesis)	
						Proceso	Instrumento
DEUTSCHES TECHNIKMUSEUM (Berlín)	Sí	<p>En la sala de la “Industria química y farmacéutica” (historia, producción y prueba de medicamentos, química de los alcaloides, hormonas)</p> <p>Dentro de esta sección, se hace mención de la planta mexicana Barbasco para la obtención de progesterona en los años 70’s y se explica el funcionamiento de los anticonceptivos.</p> <p>En la sala de “Técnicas de manufactura” (instrumentos y materiales químicos).</p>	<p>Alquimia</p> <p>Minerales y metalurgia</p> <p>Farmacia</p> <p>Alcaloides</p> <p>Fuegos artificiales</p> <p>Polímeros</p> <p>Químicos de la fotografía</p> <p>Pesticidas</p> <p>Electroquímica (electroplateado)</p>	----- --	Nombres y fórmulas de diversas moléculas, por ejemplo: estradiol, ácido acetilsalicílico (aspirina), entre otros.	Electroplateado, fabricación de fuegos artificiales.	Se muestran diversos instrumentos usados para la extracción y medición de las propiedades de los materiales.



	¿Sala de química?	Salas/ Dispositivos en los que se aborda la química	Temas de la disciplina	¿Cómo se identifica?			
				Unidad (mol)	Lenguaje (Nomenclatura)	Método (análisis/ síntesis)	
						Proceso	Instrumento
<b>DEUTSCHES MUSEUM</b>	Sí	<p>Existe una sala específicamente llamada “Chemie”, que será abierta hasta 2019.</p> <p>La sala “Pharmazie” (química relacionada con la producción de medicamentos y las salud en general)</p> <p>En la sala de “Nuevas tecnologías” (producción química de nanomateriales)</p> <p>En la exhibición “Ambiente” (contaminantes)</p> <p>En el taller de “Soplado de vidrio” (manufactura de material de laboratorio de química)</p> <p>En la exhibición “Metales” (propiedades de los mismos)</p> <p>En el taller “Papel” (se mencionan propiedades del mismo y se hace alusión a los puentes de hidrógeno, por ejemplo).</p>	<p>Medicamentos</p> <p>Drogas</p> <p>Bioquímica</p> <p>Anticonceptivos</p> <p>Minerales y metalurgia</p> <p>Lluvia ácida, capa de ozono, gases de invernadero, agua (propiedades)</p> <p>Enlace químico</p>	-----	<p>Aparecen nombres y símbolos de diversos elementos, así como fórmulas de compuestos.</p> <p>Se habla de la historia de la aspirina, mostrando nombre y fórmula del ácido acetilsalicílico.</p>	<p>Se explican procesos relacionados con la minería (procesamiento del lignito) y metalurgia (producción de hierro y acero)</p> <p>Obtención de metales puros por reducción directa, electrólisis, etc.</p> <p>Síntesis de drogas y medicamentos.</p>	<p>Aparecen materiales de laboratorio y equipos. Algunos de ellos son antiguos: alambiques, por ejemplo.</p>
<b>MUSEUM FÜR NATURKUNDE</b>	No	<p>En la sala “Minerales”.</p> <p>En la sala de “Sistema Solar” (composición química de las estrellas)</p>	<p>Nomenclatura</p> <p>Estructura cristalina</p> <p>Propiedades de minerales</p> <p>Elementos químicos</p>	-----	<p>Fórmulas químicas y nombres de los compuestos minerales y elementos.</p> <p>Tabla periódica.</p>	-----	-----

BÉLGICA							
	¿Sala de química?	Salas/ Dispositivos en los que se aborda la química	Temas de la disciplina	¿Cómo se identifica?			
				Unidad (mol)	Lenguaje (Nomenclatura)	Método (análisis/ síntesis)	
						Proceso	Instrumento
INSTITUT ROYAL DES SCIENCES NATURELLES	No	En la sala "Minerales"	Nomenclatura Estructura cristalina Propiedades de minerales	-----	Fórmulas químicas y nombres de los compuestos minerales y elementos.	-----	-----

DINAMARCA							
	¿Sala de química?	Salas/ Dispositivos en los que se aborda la química	Temas de la disciplina	¿Cómo se identifica?			
				Unidad (mol)	Lenguaje (Nomenclatura)	Método (análisis/ síntesis)	
						Proceso	Instrumento
DANMARKS TEKNISKE MUSEUM	No	Ninguna	-----	-----	-----	-----	-----
STATENS NATURHISTORISKE MUSEUM. GEOLOGISK	No	En la sala de "Minerales y Cristalografía" Sala de "Sistema Solar"	Nomenclatura Composición química Estructura cristalina Propiedades de minerales Propiedades periódicas Enlace químico	-----	Fórmulas químicas y nombres de los compuestos minerales y elementos.	-----	-----

ESPAÑA							
	¿Sala de química?	Salas/ Dispositivos en los que se aborda la química	Temas de la disciplina	¿Cómo se identifica?			
				Unidad (mol)	Lenguaje (Nomenclatura)	Método (análisis/ síntesis)	
						Proceso	Instrumento
COSMOCAIXA	No	<p>Ninguna, a pesar de que se ven muestras de diversos objetos en la sección "Materia viva (formas)", no se hace mención alguna a los materiales.</p> <p>El único acercamiento a la química se da a través de diversos talleres y conferencias. Por ejemplo, los talleres "Quimioscopio. Descubriendo la química en CosmoCaixa"; "Agua, química y mucho más"; "Materiales sorprendentes"; "Reacciones químicas", entre otros, y la conferencia "Química, la arquitectura molecular" (todos ellos del ciclo 2015-2016)</p>	Depende de los talleres: reacción química, agua, medicamentos, materiales, entre otros.	-----	-----	Depende de los experimentos a realizar	Depende del experimento.

	¿Sala de química?	Salas/ Dispositivos en los que se aborda la química	Temas de la disciplina	¿Cómo se identifica?			
				Unidad (mol)	Lenguaje (Nomenclatura)	Método (análisis/ síntesis)	
						Proceso	Instrumento
<b>MUSEU DE LA CIÈNCIA I DE LA TÈCNICA DE CATALUNYA</b>	Sí	<p>En la sala "Todo es Química" (incluye una exposición y un área de experimentación)</p> <p>Dentro de la sala "Energía" (gas y petróleo, combustibles fósiles y reacciones electroquímicas)</p>	<p>Petróleo e hidrocarburos.</p> <p>Electroquímica</p> <p>Composición química.</p> <p>Elementos químicos (propiedades)</p> <p>Historia de la tabla periódica, el átomo y las reacciones químicas.</p> <p>Aplicaciones de la química a la industria: pigmentos, plásticos, disolventes, etc.</p>	Composición molar	Nombres y fórmulas químicas de elementos y compuestos	<p>Generalidades de: destilación, coquización, refinado de petróleo, etc. para la obtención de combustibles.</p> <p>Se describen aspectos de la petroquímica.</p> <p>Diferentes tipos de reacciones: electroquímicas, ácido-base, polimerización y síntesis.</p>	<p>Celdas electroquímicas</p> <p>Aparatos de destilación, filtros, etc.</p> <p>En el área de experimentación se utilizan diversos materiales dependiendo del experimento.</p>
<b>CIUTAT DE LES ARTS I LES CIÈNCIES. MUSEU DE LES CIÈNCIES</b>	No	En el espacio "Ciencia a escena", se realizan actividades que abordan temas de química, por ejemplo: la demostración "Magia química" o el taller "Científico por un día" (sustancias pegajosas, colores que viajan por el papel, etc.)	Variados, dependiendo del taller o demostración: ácidos y bases, polímeros, propiedades de los gases, etc.	-----	-----	Depende de la realización de experimentos.	Depende de la realización de experimentos.

FRANCIA							
	¿Sala de química?	Salas/ Dispositivos en los que se aborda la química	Temas de la disciplina	¿Cómo se identifica?			
				Unidad (mol)	Lenguaje (Nomenclatura)	Método (análisis/ síntesis)	
						Proceso	Instrumento
MUSEÈ DES ARTS ET MEËTIERS	No	Sala de "Instrumentos científicos": aparece un montaje de materiales originales de Lavoisier	Se alude a la actividad experimental	-----	-----	-----	De laboratorio: gasómetros, fermentador, balanzas de precisión, morteros y frascos (pertencientes a Lavoisier)
CITÉ DES SCIENCES ET DE L'INDUSTRIE	No	Sala "Energía".  "Espacio ciencia", en el Muro de Noticias: diversos temas	Contaminación ambiental: gases de efecto invernadero, combustibles fósiles, propiedades de etano e hidrógeno)	-----	Nombres y fórmulas de compuestos	Se describen de manera general algunos procesos como la destilación del petróleo.	-----
PALAIS DE LA DÉCOUVERTE	Sí	En la sala de "Química" (área para exposiciones temporales y para realizar experimentos. No es una exposición permanente)  En la sala de "Ciencia de la vida" (Tema: comunicación química de los animales)	Dependen de la exposición temporal y las actividades experimentales mostradas, algunos temas son: reacciones químicas, polímeros, propiedades de los gases, química luminiscente, nomenclatura y feromonas.	-----	Aparece la Tabla periódica (nombres y símbolos de elementos), así como algunas imágenes de moléculas y fórmulas químicas.	En las explicaciones se habla de diversas reacciones químicas, por ejemplo: ácido-base, polimerización, combustión.	Al ser un área experimental, se muestran diversos materiales y equipo.

ITALIA							
	¿Sala de química?	Salas/ Dispositivos en los que se aborda la química	Temas de la disciplina	¿Cómo se identifica?			
				Unidad (mol)	Lenguaje (Nomenclatura)	Método (análisis/ síntesis)	
						Proceso	Instrumento
MUSEO NAZIONALE SCIENZA E TECNOLOGIA "LEONARDO DA VINCI"	Sí, aunque no con ese nombre	Sala "Materiales" (es prácticamente de química)  Sala "Energía"	Metales y metalurgia. Petróleo (tipos, propiedades, obtención y refinamiento) Polímeros (propiedades, reacciones y aplicaciones) Catalizadores de Ziegler-Natta. En la sección de "Reciclado de materiales" se menciona la Ley de la Conservación de la masa.	-----	Nombres y fórmulas de elementos y compuestos	Se da la descripción tal cual de lo que es un proceso químico (aspectos de la electrólisis, catálisis y síntesis).  Se explican algunos procesos de polimerización, refinación del petróleo y metalurgia.	Aparecen diversos materiales de laboratorio (reproducción del laboratorio de Natta), así como otros dispositivos en imágenes (fotografías y dibujos) de plantas químicas.
MUSEO GALILEO. ISTITUTO E MUSEO DI STORIA DELLA SCIENZA	Sí	Sala "XVII. La química y la utilidad pública de la ciencia" En la sala "Después de Galileo: la exploración del mundo físico y biológico", se muestra el gabinete químico del Gran Duque Pedro Leopoldo.	Experimentación química (material de laboratorio) Química cuantitativa: instrumentos de medición. Tabla de Afinidad química (de Pietro Giuntini, s. XVIII)	-----	-----	-----	Instrumentos alquímicos: retortas, matraces, botellas. Balanzas. Laboratorio de Pedro Leopoldo: instrumentos químicos y reactivos.

REINO UNIDO							
	¿Sala de química?	Salas/ Dispositivos en los que se aborda la química	Temas de la disciplina	¿Cómo se identifica?			
				Unidad (mol)	Lenguaje (Nomenclatura)	Método (análisis/ síntesis)	
						Proceso	Instrumento
SCIENCE MUSEUM	Sí, aunque no con ese nombre	Sala "Desafío de materiales" y en las actividades experimentales de la sala "Experimentos"	Composición química de los materiales, propiedades, estados de agregación.	-----	Nombres y fórmulas de elementos y compuestos.	-----	-----
NATIONAL HISTORY MUSEUM	No	En la sala de "Minerales" se abordan algunos aspectos	Propiedades físicas y químicas de las sustancias. Estructura cristalina Metales y minerales.	-----	Nombres y fórmulas de elementos y compuestos.	-----	-----
MUSEUM OF THE HISTORY OF SCIENCE	No	En la Galería del Sótano se muestra material de laboratorio y sustancias químicas	Nomenclatura  Actividad experimental	-----	Nombres y fórmulas de elementos y compuestos.	-----	Material de laboratorio antiguo: frascos con reactivos, matraces, morteros, destilador, etc.
MUSEUM OF SCIENCE AND INDUSTRY (Manchester)	No	En la sección relacionada a los textiles: química de los colorantes (naturales y sintéticos) y materiales poliméricos	Polímeros (nombres y propiedades) Colorantes (propiedades de los naturales e historia de los sintéticos)	-----	Nombres de sustancias poliméricas: poliéster, polietileno, PVC, etc.	Se describen algunos procesos para el teñido de fibras, mencionando sustancias químicas.	Algunos materiales de laboratorio para el análisis y producción de fibras sintéticas.

ESTADOS UNIDOS							
	¿Sala de química?	Salas/ Dispositivos en los que se aborda la química	Temas de la disciplina	¿Cómo se identifica?			
				Unidad (mol)	Lenguaje (Nomenclatura)	Método (análisis/ síntesis)	
						Proceso	Instrumento
SMITHSONIAN NATIONAL MUSEUM OF NATURAL HISTORY	No	En la sala "Minerales"	Estructura cristalina, propiedades de los minerales (color, brillo, dureza, etc.). Alotropía del carbono. Composición química de las rocas.	-----	Nombres y fórmulas de elementos y compuestos.	-----	-----
AMERICAN MUSEUM OF NATURAL HISTORY (Nueva York)	No	En la sala de "Tierra y ciencias planetarias" el tema de los minerales.  En la muestra llamada "Las escalas del Universo", aparecen las representaciones de moléculas.	Nomenclatura química. Propiedades y composición de minerales. Estructura molecular y formas cristalinas. Propiedades periódicas.	-----	Nombres y fórmulas de elementos y compuestos.	-----	-----
**	No	-----	-----	-----	-----	-----	-----
CHEMICAL HERITAGE FOUNDATION (Filadelfia)	Sí	Todas las salas del museo	Alquimia. Propiedades de los elementos, nomenclatura, materiales sintéticos (polímeros y colorantes). Desarrollo de instrumentos químicos, electroquímica, ciencia del color, etc.	-----	Nombres y fórmulas de elementos y compuestos.	-----	Se muestra una gran variedad de instrumentos químicos tanto alquímicos (alambiques, morteros, frascos) como modernos (dispositivos electrónicos).

\*\* THE ACADEMY OF NATURAL SCIENCES (Filadelfia)



MÉXICO							
	¿Sala de química?	Salas/ Dispositivos en los que se aborda la química	Temas de la disciplina	¿Cómo se identifica?			
				Unidad (mol)	Lenguaje (Nomenclatura)	Método (análisis/ síntesis)	
						Proceso	Instrumento
DECUBRE (Ags)	No	Ninguna	-----	-----	-----	-----	-----
MUSE DE GEOLOGÍA (CDMX)	No	En la sala de Minerales	Composición química. Nomenclatura. Estructura cristalina. Propiedades de minerales	-----	Nombres y fórmulas de elementos y compuestos.	-----	Algunos instrumentos antiguos: balanzas, frascos con reactivos, etc.
UNIVERSUM (CDMX)	Sí	La sala "La química está en todo"	Elementos químicos, átomo (modelos), tabla periódica, composición química. Aditivos y conservadores, Medicamentos, polímeros, colorantes, cosméticos.	-----	Nombres y fórmulas de elementos y compuestos.	Se muestran de manera general, reacciones químicas en la producción de medicamentos y polímeros.	Se muestran algunas imágenes con materiales y en el área de experimentos.
BEBELECHE (Durango)	No	En la sala "Vivir" se tiene la reproducción de una pequeña mina, en la que se trabajan muestras minerales: se proporcionan cédulas en las que se habla de propiedades de elementos químicos.	Propiedades de físicas de metales	-----	Nombres y símbolos de elementos	-----	-----

MÉXICO							
	¿Sala de química?	Salas/ Dispositivos en los que se aborda la química	Temas de la disciplina	¿Cómo se identifica?			
				Unidad (mol)	Lenguaje (Nomenclatura)	Método (análisis/ síntesis)	
						Proceso	Instrumento
EXPLORA. CENTRO DE CIENCIAS (Guanajuato)	No	<p>En la sala “Planeta agua” se describe la estructura y propiedades de la molécula del agua y varios temas de contaminación.</p> <p>Se mencionan fuentes de energía, entre ellos, el petróleo. En la sala “Cuerpo humano” se habla de la importancia de moléculas como agua, bióxido de carbono, amoníaco, etc.</p>	<p>Estructura molecular. Enlaces covalentes. Puentes de hidrógeno. Importancia de las sustancias químicas para la vida. Petróleo y sus derivados. Contaminación: efecto invernadero, lluvia ácida, etc.</p>	-----	Nombres y símbolos de elementos y fórmulas de compuestos.	Se describe brevemente el proceso de fotosíntesis, los ciclos del fósforo, azufre y oxígeno.	-----
TROMP O MÁGICO (Jalisco)	No	Ninguna	-----	-----	-----	-----	-----
HORNO 3 (Nuevo León)	No con ese nombre.	<p>Toda la “Galería del acero” se vincula con procesos químicos, propiedades de materiales y estructura química de sustancias.</p> <p>En “Una ventana a la ciencia” se hacen experimentos de química entre otras disciplinas.</p>	<p>Propiedades y estructura de materiales. Reacciones redox. Espectroscopía. Procesos metalúrgicos. Talleres de experimentación química con diversos temas.</p>	-----	Nombres y símbolos de elementos y fórmulas de compuestos.	Se habla de diversas reacciones químicas de oxidación y reducción y en general, procesos metalúrgicos.	Distintos materiales de laboratorio: matraces, vasos, pipetas, etc.

MÉXICO							
	¿Sala de química?	Salas/ Dispositivos en los que se aborda la química	Temas de la disciplina	¿Cómo se identifica?			
				Unidad (mol)	Lenguaje (Nomenclatura)	Método (análisis/ síntesis)	
						Proceso	Instrumento
IMAGINA. MUSEO INTERACTIVO (Puebla)	No	Ninguna	-----	-----	-----	-----	-----
LABERITNO DE LAS CIENCIAS Y LAS ARTES (SLP)	No	Sala de "Lo imperceptible".	Arreglo atómico en algunas moléculas de compuestos minerales	-----	Nombres y símbolos de elementos y fórmulas de compuestos.	-----	-----
PAPAGAYO (Tabasco)	No	En la sala "Piensa" hay un "Taller de reacciones químicas" (experimentos diversos).  En la sala "Cacao y chocolate" se mencionan algunos aspectos del chocolate como mezcla y puntos de fusión.	Depende de los experimentos a realizar (ácidos y bases, polímeros, etc.)  Mezclas	-----	-----	Se habla del proceso de preparación del chocolate con leche en términos de preparación de mezclas	-----
MIX. MUSEO INTERACTIVO DE XALAPA (Veracruz)	No	Sólo se mencionan algunos metales (cobre y aluminio) para hablar de la conductividad.	Conductividad eléctrica de metales	-----	-----	-----	-----

	¿Sala de química?	Salas/ Dispositivos en los que se aborda la química	Temas de la disciplina	¿Cómo se identifica?			
				Unidad (mol)	Lenguaje (Nomenclatura)	Método (análisis/ síntesis)	
						Proceso	Instrumento
<b>MUSEO DE CIENCIAS (Zacatecas)</b>	No	Hay una sola sala en la que pueden verse un par de celdas electroquímicas.	Celdas electroquímicas	-----	-----	-----	Pilas de Volta y de Daniell
<b>ZIG-ZAG (Zacatecas)</b>	No	Sólo se mencionan algunos metales (cobre y aluminio) para hablar de la conductividad.	Conductividad eléctrica de metales	-----	-----	-----	-----

**TABLA 37. MUSEOGRAFÍA Y VINCULACIÓN CON LA EDUCACIÓN FORMAL**

ALEMANIA				
	Recursos museográficos	¿Se aborda la historia de la disciplina?	¿Se contextualiza en la comunidad?	¿Cómo se vincula el museo con la educación formal?
<b>DEUTSCHES TECHNIK MUSEUM</b>	<p>Modelos tridimensionales. Dispositivos interactivos multimedia. Equipos reales y materiales históricos.</p>	<p>Sí, se habla por ejemplo, del desarrollo de la química desde la alquímica, de la historia de los anticonceptivos, del desarrollo histórico de las industrial del papel y los textiles haciendo alusión a las sustancias químicas empleadas. También se hace un listado de los Premios Nobel alemanes.</p>	<p>Sí, en casi todos los temas se hace alusión al desarrollo de la química alemana (particularmente en el ámbito de la farmacia). Por ejemplo, En la explicación de los anticonceptivos orales se tiene un cartel: "Las píldoras de control natal y la sociedad alemana" en la que se habla de las reacciones controversiales del uso de píldoras anticonceptivas. Se cuenta la historia de las empresas Shering y Bayer. Además, se tiene una "reproducción" de una fábrica de cerveza.</p>	<p>Se ofrecen visitas guiadas para todo el museo, pero se sugieren algunas visitas temáticas específicas por grado escolar (por ejemplo, para la primaria: tecnología y naturaleza, vapor y potencia, etc., para la secundaria: industrialización, gente y tecnología, etc.)</p>
<b>DEUTSCHES MUSEUM</b>	<p>Montajes con material original (por ejemplo, la reproducción de una mina o de una célula) Fotografías, carteles, dispositivos interactivos multimedia, videos. Material de histórico original (por ejemplo cajas de medicamentos, instrumentos y equipo de laboratorio, etc.)</p>	<p>Sí, se mencionan aspectos históricos de la metalurgia, la farmacia (desde el uso de la herbolaria hasta los medicamentos como la aspirina, anticonceptivos, etc.)</p>	<p>Sí, se habla sobre la minería y metalurgia alemanas o el desarrollo de la industria química con énfasis en la farmacia.</p>	<p>Se dan visitas guiadas con temáticas específicas. Se ofrecen visita al Laboratorio DNA para conocer el trabajo de investigación en biología molecular. Se ofrecen cursos en el TUMLab donde se practica la experimentación. En el sitio web se cuenta con una liga que amplía la información teórica de las salas. Se ofrecen también conferencias científicas de diversos temas.</p>

	<b>Recursos museográficos</b>	<b>¿Se aborda la historia de la disciplina?</b>	<b>¿Se contextualiza en la comunidad?</b>	<b>¿Cómo se vincula el museo con la educación formal?</b>
<b>MUSEUM FÜR NATURKUNDE</b>	<p>En la sección de minerales: material original con cédulas explicativas. Modelos tridimensionales para la estructura cristalina. Fotografías.</p> <p>En el resto del museo, algunas composiciones de animales, videos y fotografías.</p>	<p>No en química específicamente pero sí se mencionan a mineralogistas importantes, por ejemplo.</p>	<p>Sí, se enfatiza cuando se tienen materiales locales (por ejemplo con los fósiles o los minerales).</p>	<p>Se ofrecen visitas guiadas con temáticas especiales (por ejemplo: evolución, planeta Tierra, etc.).</p> <p>Hay talleres especiales para diferentes grados escolares.</p> <p>Se ofrecen cursos de capacitación para los profesores sobre los temas de las distintas salas del museo.</p> <p>En el sitio web se pueden descargar materiales para que se acompañen las salas con ellos (dinosaurios y planeta Tierra, por ejemplo)</p>

<b>BÉLGICA</b>				
	<b>Recursos museográficos</b>	<b>¿Se aborda la historia de la disciplina?</b>	<b>¿Se contextualiza en la comunidad?</b>	<b>¿Cómo se vincula el museo con la educación formal?</b>
<b>INSTITUT ROYAL DES SCIENCES NATURELLES</b>	<p>En la sección de minerales: materiales originales con cédulas explicativas. Algunas fotografías.</p> <p>En el resto del museo: dispositivos interactivos, fotos y videos.</p>	<p>No en química, pero se presenta una exposición denominada "250 años de las ciencias naturales" en la que se hace un recorrido histórico.</p>	<p>Se mencionan algunos aspectos relacionados con la ciencia belga.</p>	<p>Se ofrecen visitas guiadas y talleres diseñados por grado escolar.</p> <p>Se cuenta con el Xperilab una sala de exhibición rodante que lleva temas de ciencia a las comunidades.</p> <p>Se ofrecen cursos de capacitación y actualización para profesores.</p> <p>Del sitio web se pueden descargar materiales educativos para la vista de las salas.</p>

DINAMARCA				
	Recursos museográficos	¿Se aborda la historia de la disciplina?	¿Se contextualiza en la comunidad?	¿Cómo se vincula el museo con la educación formal?
DANMARKS TEKNISKE MUSEUM	Sobre química no hay nada. Pero en general, hay materiales originales (históricos) con cédulas explicativas. Montajes de escenarios.	No de la disciplina, pero el museo muestra mucho material antiguo relacionado con la historia de la ciencia y la tecnología.	No en química, pero sí en otros temas de ciencia y tecnología: se tiene un espacio dedicado a las patentes danesas, entre otros objetos exhibidos.	Se ofrecen visitas guiadas que se ajustan a las necesidades de los profesores. Del sitio web pueden descargarse materiales.
STATENS NATURHISTORISKE MUSEUM. GEOLOGISK	Muestra de materiales originales con cédulas explicativas. Algunas fotografías y (minerales) videos. Modelos tridimensionales para la estructura cristalina.	No de la disciplina, aunque se mencionan a algunos personajes históricos de la mineralogía.	No en química, pero sí en otros temas de ciencia: se menciona por ejemplo, flora y fauna local.	Se ofrecen cursos especiales para diferentes grados escolares desde primaria hasta posgrado (con diferente temática, duración y objetivos). También se cuenta con el sistema e-learning con material de aprendizaje en el sitio web. También se tienen proyectos educativos específicos que abordan diversos temas.

ESPAÑA				
	Recursos museográficos	¿Se aborda la historia de la disciplina?	¿Se contextualiza en la comunidad?	¿Cómo se vincula el museo con la educación formal?
<b>COSMOCAIXA</b>	Sobre química no hay nada. Pero en general, hay muestra de materiales originales, reproducciones, modelos tridimensionales, videos, carteles explicativos.	No de la disciplina, aunque se menciona el trabajo de Santiago Ramón i Cajal	No en química pero sí en otros temas: por ejemplo, se enfatiza en las aportaciones de Santiago Ramón i Cajal.	Se ofrecen visitas comentadas, talleres, conferencias y cursos dentro del museo por grado escolar. La Obra social “La Caixa” ofrece materiales y kits educativos de diferentes temas.
<b>MUSEU DE LA CIÈNCIA I DE LA TÈCNICA DE CATALUNYA</b>	Modelos tridimensionales (por ejemplo, de moléculas). Material original (elementos químicos, objetos de distintos materiales) Carteles explicativos. Dispositivos interactivos (accionar, jalar, etc.) Videos y audio. Experimentación en vivo.	Sí, se habla de la historia de la Tabla periódica, los modelos atómicos y la evolución de las pilas.	Sí, se hablan de la industria petrolera española, textil de Cataluña y se retoman aspectos locales para explicar los temas (por ejemplo, se usa un pintura de Joan Miró para hablar de pigmentos)	Se ofrecen visitas guiadas, visitas dramatizadas, talleres y cursos para los estudiantes. Para los profesores, se ofrecen cursos, asesoría personalizada y materiales diseñados para diferentes temas y grado escolar (se debe pertenecer al “Club del profesorado”, no son de acceso abierto)
<b>CIUTAT DE LES ARTS I LES CIÈNCIES. MUSEU DE LES CIÈNCIES</b>	En el caso de química: la realización de experimentos a manera de “show”. En el resto del museo: fotografías, carteles, dispositivos multimedia interactivos (audio y video), equipo mecánico.	No de la disciplina, aunque se menciona el trabajo de Santiago Ramón i Cajal y otros investigadores españoles.	Sí al hablar de las aportaciones españolas a la ciencia en general.	Se ofrecen visitas guiadas, talleres y conferencias. Se puede tener la opción de “Ciencia a escena en tu cole” para llevar actividades experimentales a las escuelas. Se pueden descargar materiales didácticos desde el sitio web por grado escolar y tema.



FRANCIA				
	Recursos museográficos	¿Se aborda la historia de la disciplina?	¿Se contextualiza en la comunidad?	¿Cómo se vincula el museo con la educación formal?
MUSEÉ DES ARTS ET MÉTIERS	Se muestran los materiales originales (históricos) con cédulas explicativas. Hay alguna sección en donde se dan talleres y conferencias de temas específicos. Algunos exposiciones temporales cuentan con videos, carteles, fotografías y algunos dispositivos interactivos.	Sí, el principal tema de química en el museo se refiere al laboratorio de Lavoisier.	Sí, se refiere a las aportaciones francesas a las diferentes disciplinas científicas.	Se ofrecen visitas guiadas y talleres con temáticas específicas. También se pueden descargar materiales relacionados con diversos temas en las tres etapas sugeridas para las visitas a museos: previo, durante y post visita.
CITÉ DES SCIENCES ET DE L'INDUSTRIE	Hay dispositivos interactivos multimedia, videos, carteles con fotografías y dibujos. Montajes y reproducciones.	No.	No en química, pero si se alude a cuestiones locales en otras secciones del museo y con otros temas.	Se ofrecen conferencias, visitas guiadas y talleres. Se pueden descargar materiales didácticos del sitio web por tema y grado escolar. También se tienen recursos en línea (biblioteca y conferencias).
PALAIS DE LA DÉCOUVERTE	La química se aborda a través de la actividad experimental que es mostrada por los guías del museo a manera de "show". Se muestran algunos carteles y videos con las diferentes exposiciones temporales en la sección de química. En el resto del museo hay fotografías, material original, dispositivos interactivos multimedia y videos.	No en las salas permanentes. (En la exposición temporal sobre perfume, se hacía referencia a la historia de esta industria)	En química sólo en las exposiciones temporales (como la del perfume)	Se ofrecen conferencias, visitas guiadas y talleres. Se pueden descargar materiales didácticos del sitio web por tema y grado escolar. También se tienen recursos en línea (biblioteca y conferencias).

ITALIA				
	Recursos museográficos	¿Se aborda la historia de la disciplina?	¿Se contextualiza en la comunidad?	¿Cómo se vincula el museo con la educación formal?
MUSEO NAZIONALE SCIENZA E TECNOLOGIA "LEONARDO DA VINCI"	Muestra de material original (por ejemplo, la reproducción del laboratorio de Natta) Dispositivos interactivos multimedia: video y audio. Fotografías, esquemas, dibujos (tipo comic) Área de experimentos.	Sí, se habla por ejemplo, de la historia de los polímeros, la metalurgia y particularmente los catalizadores.	Sí, se realzan los temas que tienen que ver con aportaciones italianas a la ciencia o al desarrollo de ciertas industrias locales.	Se ofrecen visitas guiadas, talleres, teatro y conferencias con temas específicos. También se cuenta con la opción del museo itinerante (visitas a las escuelas). Se ofrecen cursos de capacitación para docentes
MUSEO GALILEO. ISTITUTO E MUSEO DI STORIA DELLA	Muestra de material de laboratorio original con algunas explicaciones breves en cédulas. En la página del museo pueden encontrarse videos explicativos (por ejemplo, del laboratorio de Gran Duque)	Sí, el museo es de historia de la ciencia	Sí, la muestra del laboratorio de química alude a un personaje local.	Se dan visitas guiadas y talleres. Se ofrece material didáctico en línea (videos, simulaciones, etc.)

REINO UNIDO				
	Recursos museográficos	¿Se aborda la historia de la disciplina?	¿Se contextualiza en la comunidad?	¿Cómo se vincula el museo con la educación formal?
SCIENCE MUSEUM	Muestra de materiales originales. Dispositivos interactivos y multimedia (audio y video). Reproducciones, modelos, carteles explicativos. Se hacen experimentos.	Sí, en química, se menciona la historia de los materiales. <sup>70</sup> Y en general, se habla de historia en otras disciplinas.	Sí, se habla continuamente de las aportaciones locales a la ciencia y tecnología en general.	Se ofrecen visitas guiadas y talleres. Se pueden descargar materiales por edad y tema desde el sitio web. Se ofrecen cursos de capacitación y actualización para profesores. Se puede solicitar la visita del museo a la escuela y existen diversos proyectos especiales entre el museo, profesores y comunidad.

<sup>70</sup> En el momento de la visita (2013) se mostraba una exposición temporal sobre alquimia: "Signs, symbols, secrets. An illustrated guide to alchemy".

	<b>Recursos museográficos</b>	<b>¿Se aborda la historia de la disciplina?</b>	<b>¿Se contextualiza en la comunidad?</b>	<b>¿Cómo se vincula el museo con la educación formal?</b>
<b>NATIONAL HISTORY MUSEUM</b>	<p>Materiales originales, dispositivos interactivos y multimedia.</p> <p>Reproducciones, dioramas, fotografías y carteles.</p>	<p>Se mencionan algunos aspectos históricos del uso de los metales, por ejemplo.</p> <p>En otras disciplinas, sí se habla de la historia (por ejemplo, se muestra la primera edición del libro sobre el Origen de la Especies).</p>	<p>Sí, cuando es posible se habla de las aportaciones locales a la ciencia.</p>	<p>Visitas guiadas y teatralizadas, cuentos y talleres.</p> <p>Los profesores cuentan con material didáctico descargable de manera libre (y también se pueden comprar materiales más completos en el museo).</p> <p>También cuentan con el servicio del museo a la escuela con diferentes talleres.</p>
<b>MUSEUM OF THE HISTORY OF SCIENCE</b>	<p>Muestra de material original, algunas explicaciones breves en cédulas.</p>	<p>Sí, los materiales que se muestran son antiguos y algunos pertenecen a la época del trabajo alquímico.</p>	<p>Sí, los materiales mostrados son de laboratorios locales. Se hace referencia por ejemplo, al uso de la penicilina en Oxford.</p>	<p>Se ofrecen visitas guiadas por temática específica de acuerdo al currículum escolar.</p> <p>Se cuenta con material didáctico multimedia sobre distintos temas en el sitio web.</p>
<b>MUSEUM OF SCIENCE AND INDUSTRY</b>	<p>Se muestra una gran cantidad de objetos originales (fibras naturales y poliméricas, objetos hechos con distintos materiales, máquinas de hilado y tejido, ferrocarriles, automóviles, etc.). Se hace uso de los carteles, fotografías, algunos dispositivos interactivos y multimedia.</p>	<p>Sí, se menciona por ejemplo, la historia de los colorantes de fibras textiles y en general, aspectos de la historia de la industria textil, de transporte, del uso de los combustibles, etc.</p>	<p>Sí, se abordan temas de la industria local (como la industria textil o del transporte, entre otros).</p>	<p>Se dan visitas guiadas, talleres y actividades demostrativas.</p> <p>Se ofrece el servicio del museo a tu escuela, con actividades experimentales y demostrativas.</p> <p>Se ofrecen cursos de capacitación y visitas guiadas especiales para que los profesores integren el museo a su práctica docente.</p>

ESTADOS UNIDOS				
	Recursos museográficos	¿Se aborda la historia de la disciplina?	¿Se contextualiza en la comunidad?	¿Cómo se vincula el museo con la educación formal?
SMITHSONIAN NATIONAL MUSEUM OF NATURAL HISTORY	Muestra de material original (minerales y metales, por ejemplo). Se presentan reproducciones, maquetas, material audiovisual, carteles y paneles con explicaciones, dibujos, mapas. Dispositivos multimedia interactivos.	No de la disciplina en particular pero sí aspectos de la historia de otras disciplinas.	Sí, por ejemplo se toma como referencia los edificios de la ciudad para hablar de los materiales de construcción, arquitectura, etc.	Se ofrecen visitas guiadas y talleres. En el sitio web se ofrece una gran variedad de recursos educativos desde material didáctico descargable hasta ligas a otras páginas de consulta, videos, etc. También se ofrecen cursos de capacitación, talleres y conferencias para profesores.
AMERICAN MUSEUM OF NATURAL HISTORY	Muestra de una gran cantidad de material original acompañado de dispositivos interactivos, carteles, maquetas y reproducciones, así como material audiovisual.	No de la disciplina en particular pero sí aspectos de la historia de otras disciplinas.	No en química, pero se hace referencia a aspectos locales en otros temas.	Talleres, visitas guiadas, conferencias por grado escolar y tema. En el sitio web se puede acceder a una gran cantidad de recursos: actividades, videos, artículos, etc. que se relacionan con los temas del museo vinculados al currículo escolar. También se ofrecen cursos, seminarios y talleres de capacitación para profesores.
THE ACADEMY OF NATURAL SCIENCES	No hay nada de química. El museo se especializa en el montaje de dioramas. También hay algunas fotografías, carteles y muestras de fósiles.	No	Un poco, al hablar de su especialización en la elaboración de los dioramas.	Visitas guiadas y talleres. Se ofrece el servicio del museo a tu escuela.

	<b>Recursos museográficos</b>	<b>¿Se aborda la historia de la disciplina?</b>	<b>¿Se contextualiza en la comunidad?</b>	<b>¿Cómo se vincula el museo con la educación formal?</b>
<b>CHEMICAL HERITAGE FOUNDATION</b>	Se muestran varios objetos originales: material de laboratorio, equipos, aparatos, libros, etc. Se presenta material multimedia, además de fotografías, pinturas, manuscritos.	Definitivamente, es un museo de historia de la química.	Sí, se mencionan algunos datos locales (por ejemplo, se habla de las universidades, de los juegos de química o materiales creados en EUA)	Se ofrecen visitas guiadas. En el sitio web hay información complementaria (teórica) sobre los temas que se abordan en el museo

<b>MÉXICO</b>				
	<b>Recursos museográficos</b>	<b>¿Se aborda la historia de la disciplina?</b>	<b>¿Se contextualiza en la comunidad?</b>	<b>¿Cómo se vincula el museo con la educación formal?</b>
<b>DECUBRE. (Ags)</b>	No se tienen exposiciones permanentes. Las temporales cuentan con dispositivos interactivos, carteles, fotografías, maquetas, juegos multimedia, etc.	No de química, se mencionan algunos datos históricos de otras disciplinas (física).	No.	En el sitio web se ofrecen recursos didácticos para profesores y ligas de interés para los alumnos... pero ESTÁN DESHABILITADAS.
<b>MUSE DE GEOLOGÍA (CDMX)</b>	Muestra de material original, algunas explicaciones breves en cédulas.	No en realidad, aunque se muestran un par de materiales históricos.	No.	No aparece ninguna oferta educativa en el sitio web. En el museo es posible solicitar una visita guiada.
<b>UNIVERSUM (CDMX)</b>	Modelos tridimensionales (por ejemplo, de moléculas). Material original (elementos químicos, objetos de distintos materiales) Carteles explicativos. Dispositivos interactivos (accionar, jalar, poner etc.) Dispositivos interactivos multimedia (juegos, videos, audio) Experimentación en vivo.	Sí, se habla de la historia de la tabla periódica, de la producción de algunos polímeros (nylon, por ejemplo) o de los medicamentos.	Sí, se mencionan muy brevemente, las aportaciones de la química prehispánica.	Visitas guiadas y talleres de "Ciencia recreativa" por edad de los estudiantes.  Universum se vincula con la Casita de las Ciencias (ambas de la DCDC-UNAM) que ofrecen algunos cursos de capacitación para profesores.

	Recursos museográficos	¿Se aborda la historia de la disciplina?	¿Se contextualiza en la comunidad?	¿Cómo se vincula el museo con la educación formal?
<b>BEBELECHE</b> (Durango)	En química, la reproducción de una mina y la muestra de materiales originales (metales y minerales). En el resto del museo, dispositivos interactivos, multimedia, carteles y fotografías.	No	No en química. Hay una sección que habla de tradiciones y costumbres locales, pero no se vinculan con las ciencias.	Visitas guiadas. Ofrece el servicio de museo itinerante.
<b>EXPLORA. CENTRO DE CIENCIAS</b> (Guanajuato)	Dispositivos interactivos, modelos moleculares, material multimedia, carteles y fotografías. Se realizan experimentos.	No	No	Visitas guiadas.
<b>TROMPO MÁGICO</b> (Jalisco)	De química nada. En general, dispositivos interactivos, videos, juegos.	No	No	Visitas guiadas.
<b>HORNO 3</b> (Nuevo León)	Reproducciones (mina). Modelos, material multimedia (video y audio), dispositivos interactivos, maquetas, objetos originales, carteles, fotografías. Experimentos.	Sí, se habla de la historia de la industria del acero.	Sí, el museo es sobre una de las empresas más importantes de la localidad.	Visitas guiadas, talleres y demostraciones. Se ofrecen diplomados para niños y para profesores. Tienen el programa "Ciencia en la ciudad".
<b>IMAGINA. MUSEO INTERACTIVO</b> (Puebla)	De química nada. Dispositivos interactivos (juegos), algunos videos.	No	No	Al parecer, visitas guiadas pero no hay información disponible.

	Recursos museográficos	¿Se aborda la historia de la disciplina?	¿Se contextualiza en la comunidad?	¿Cómo se vincula el museo con la educación formal?
LABERITNO DE LAS CIENCIAS Y LAS ARTES (SLP)	De química: modelos moleculares tridimensionales (juego para armar moléculas), videos, carteles. En el resto del museo, dispositivos interactivos, robots, material multimedia, material original, carteles.	No	No	Visitas guiadas y talleres.
PAPAGAYO (Tabasco)	Se muestran materiales originales y equipo moderno para preparar chocolate. En el resto del museo: dispositivos interactivos, juegos multimedia, videos, reproducciones. Experimentos. El museo está muy descuidado.	No	Sí, se habla de chocolate, uno de los principales productos producidos en Tabasco. También, en otra sección del museo se habla sobre interculturalidad.	Visitas guiadas.
MIX. MUSEO INTERACTIVO DE XALAPA (Veracruz)	De química nada. Material original (por ejemplo, insectos disecados). Dispositivos interactivos (juegos), videos, carteles.	No	No en ciencias. En una sección del museo se presenta un video sobre los recursos hidrológicos del país.	Visitas guiadas.
MUSEO DE CIENCIAS (Zac)	Se muestra material original.	Sí, los materiales mostrados son históricos	No	Visitas guiadas. El grupo Quark, ofrece talleres de "ciencia recreativa".
ZIG-ZAG (Zac)	De química nada. Dispositivos interactivos (juegos), videos, carteles.	No	No en ciencias, se mencionan algunos aspectos culturales locales.	Al parecer visitas guiadas pero no hay información disponible.

### 7.3 Análisis de resultados.

Lo primero que podemos hacer notar es que de todas las ciudades visitadas, sólo se encontró un museo dedicado específicamente a la química: el museo de la *Chemical Heritage Foundation*, en el resto de las ciudades, los museos de ciencia abordan distintas disciplinas con mayor o menor énfasis en una u otra.

En el caso particular de México, sólo son dos museos (de las dos principales ciudades) los que abordan la química de manera específica: el *Universum*, con su sala “La Química está en todo” (en la que se abordan muchísimos temas que van desde aspectos teóricos sobre los elementos, nomenclatura y tabla periódica, hasta la aplicación de la química en la obtención de diversos materiales útiles) y el *Horno 3*, que aunque es un museo temático, hace una gran mención de procesos (reacciones redox, por ejemplo) y sustancias químicas relacionadas con el acero. Para la mayoría de los museos visitados, la química es algo inexistente o poco considerado (apenas se habla del agua - aunque no como compuesto químico-, de la conductividad de algunos metales o de mezclas de sustancias), con excepción de los museos *Explora* y *Laberinto*, en donde se hace alguna mención (sobre todo, a través de experimentos) y el *Museo de Geología* que de manera indirecta retoma nombres y fórmulas de sustancias químicas... para el resto, la ciencias son física y biología, no hay más.

Por el contrario, en el extranjero, la química tiene más importancia: en la mayoría de los museos se tiene algún referente a la química (salvo dos: Danmarks Tekniske Museum y The Academy of Natural Sciences) ya sea para hablar de sustancias químicas constituyentes de los minerales, combustibles o contaminantes, hacer experimentos diversos o en el mejor de los casos, destinar una sala completa a su estudio. Sin duda, existe un mayor número de museos extranjeros (ocho de los visitados) que consideran una sala de química específica (quizá no con ese nombre, pero los contenidos aluden totalmente a la disciplina): *Deutsches Museum*, *Deutsches Technikmuseum*, *Museu de la Ciència i de la Tècnica de Catalunya*, *Palais de la Découverte*, *Museo Nazionale Scienza e Tecnologia “Leonardo Da Vinci”*, *Museo Galileo. Istituto e Museo di Storia della Scienza*, *Science Museum* y desde luego la *Chemical Heritage Foundation*; en todos ellos -con mayor o menor profundidad- los temas de la farmacia, los materiales (polímeros, metales, minerales, petróleo, etc.) y la actividad experimental, son fundamentales para hacer notar esta disciplina. En el resto, aunque no se dedique un espacio particular, la química está presente a través de la nomenclatura, la comprensión de la contaminación, la generación de energía y en muchos casos, a través de lo que podría considerarse como “magia química” en los diversos experimentos “asombrosos” que se muestran a los visitantes y que implican reacciones químicas luminiscentes, ácido-base, redox, entre otras.

Respecto a los criterios, el concepto de unidad química (mol) es prácticamente inexistente, y sólo en uno de los museos<sup>71</sup> de todos los visitados, se hace referencia a la composición molar. Nos parece que este hecho no es necesariamente relevante, dado

---

<sup>71</sup>Nos referimos al *Museu de la Ciència i de la Tècnica de Catalunya*.



que en términos de alfabetización científica y divulgación no esperaríamos que se abordara algo tan específico de la disciplina. Prácticamente en todos los museos en donde hay “algo” de química, lo que aparece se refiere a la nomenclatura (nombres, símbolos de elementos y fórmulas de compuestos) ya sea para hablar de sustancias poliméricas, gases de invernadero, hidrocarburos, agua y desde luego, minerales y metales.

Con relación a los procesos, apenas trece<sup>72</sup> del total de museos hacen referencia a algún proceso que puede ser desde algo complejo como la destilación del petróleo o la polimerización hasta procesos simples como la elaboración de mezclas de chocolate. En términos generales, las explicaciones más completas se dan en los museos extranjeros, teniendo como caso excepcional el *Museo Nazionale Scienza e Tecnologia “Leonardo Da Vinci”*, en el que se habla específicamente de lo que es una reacción química y se describen complejos procesos (inclusive se muestran diagramas de procesos químicos industriales). Por el contrario, en los museos mexicanos, estos procesos son casi inexistentes y una vez más, sólo *Universum* retoma algunas reacciones (polimerización o producción de medicamentos) y el *Horno 3* todo lo relacionado con reacciones de óxido-reducción (para la obtención de hierro y acero y su respectiva corrosión).

En cuanto a los instrumentos, son trece los museos (mexicanos y extranjeros) que muestran algún tipo de material. Es posible distinguir que en algunos museos se muestran instrumentos antiguos: *Museo Galileo*, *Musé des Arts et Metiers*, *Museu de la Ciència i de la Tècnica de Catalunya*, *Museum of the History of Science*, *Museo Universitario de Ciencias* y *Museo de Geología*; mientras que en otros, se cuenta con material reciente, e inclusive se usa para realizar los experimentos al público. Mención aparte se merece el museo de la Chemical Heritage Foundation que cuenta con materiales tanto antiguos como recientes.

Respecto a la cuestión histórica, una vez más, son los museos extranjeros quienes hacen mayor referencia a ella: mencionan en algún momento a personajes (Lavoisier, Natta, Perkin, etc.), procesos o materiales que hacen referencia a otros momentos de la química (inclusive, desde la alquimia). En México, la situación es opuesta y sólo *Universum* y *Horno 3*, consideran mencionar estos aspectos como la “química prehispánica” en el primero y cuestiones de la minería y metalurgia, para el segundo.

Lo mismo ocurre con la contextualización de la disciplina: en los museos extranjeros con relevancia histórica en sus aportaciones a la química (Alemania, Francia, Italia o Reino Unido) es claro que el mensaje que quieren dar a su sociedad es que la química es importante (aprenderla, estudiarla... conocerla) porque son ellos (esos países) quienes han aportado al mundo importantes avances. En otros, quizá con menos tradición en química, al menos retoman temas que corresponden a industrias significativas dentro de sus comunidades y que entienden, que es necesario hablar de ellas para comprender en términos de alfabetización científica (por ejemplo, el hablar de la petrolera Repsol, en

---

<sup>72</sup> Dos de ellos, sólo realizan experimentos por lo que no es posible identificar cuáles procesos describen.

el caso del museo de Cataluña, España). En México, una vez más nos quedamos cortos y sólo *Universum*, Horno 3 y el Papagayo (con el tema del chocolate), recurren a hablar de aportaciones mexicanas relacionadas con la química que permiten contextualizar un poco los temas, en los demás casos, si se habla de química, se habla desde la disciplina, no desde la vida común.

Finalmente, la vinculación museo-educación formal. En los museos extranjeros se muestra un claro interés por la vinculación del museo con la escuela a través de las visitas guiadas, talleres, conferencias y además, con el diseño de materiales educativos para la visita a los museos e inclusive, en la capacitación a los profesores para que se vinculen con el museo. Casos como el Smithsonian Institut, son un claro ejemplo de lo que es una verdadera intención de aportar a la educación científica desde del museo. En México, la situación es opuesta: si acaso, se brindan visitas guiadas y en algunos museos, algún tipo de taller. Nuestro mejor exponente es el Horno 3, quien parece estar preocupado y ocupado por una visión mucho más pedagógica que cualquiera de los otros museos.

#### *A manera de conclusión...*

Lo primero que es importante señalar que la condición de museo de cuarta generación o primera generación no es suficiente para abordar o no la química en los museos: los ejemplos más claros los tenemos en el *Museo Galileo* y en el *Musée des Arts et Metiers*, en los que a pesar de ser museos de exhibición (primera generación) dedican espacios para mostrar uno de los aspectos más importantes de la química, la experimentación. Esto significa que no se trata de tener grandes dispositivos interactivos multimedia para hacer notar la disciplina dentro de un espacio museístico.

Otro punto a destacar es que, como puede verse en los museos alemanes, la química se destaca en los mismos debido a la relevancia de esta disciplina para la industria farmacéutica alemana (entre otras). Es evidente que hablar de las aportaciones al mundo dentro de este campo es algo importante, que debe ser conocido por los niños, jóvenes y adultos alemanes que visitan los museos, dado que una buena parte de la economía depende de ello. Y aquí la pregunta que nos hacemos es ¿qué pasa en México? ¿acaso no es México, un país cuya economía está (o estuvo durante mucho tiempo) sostenida por el petróleo (y sus derivados), y por la minería?... ¿No es entonces, la química, una disciplina que debería ser -si no estudiada- por lo menos comprendida en lo elemental, conocida ... al menos? ¿No son los temas del petróleo y la minería suficientemente importantes para la historia de México –no digamos en términos de desarrollo científico y tecnológico, sino de economía y desarrollo social- de tal manera que debieran ser abordados en todos, TODOS, los museos de ciencia de este país? Yo creo que sí. Y lo que vemos es que, por lo menos el petróleo, no es siquiera mencionado con la relevancia que implicaría... No debemos olvidar el planteamiento inicial de esta tesis: la ciencia, en primera instancia, debe servir para la alfabetización, para la comprensión del mundo en el que vivimos y si esto es cierto, en México, hay muchos temas que deberíamos de estudiar y comprender, al menos en sus aspectos básicos.

Por otro lado, si algo nos distingue como pueblo, es esta necesidad de andar buscando “héroes de papel”, personajes que nos hagan sentir el tan malentendido “orgullo nacional” y que busquemos desesperadamente en los deportistas, en los jugadores de fútbol y hasta en los actores de quinta... ¿Por qué no resaltar la ciencia mexicana de la misma manera en que nos esforzamos en elogiar a los artistas o deportistas con sus precarios éxitos? En este punto, la química, desde luego que tiene mucho qué decir: desde la “química” prehispánica hasta las aportaciones de Miramontes a los anticonceptivos, la fabricación del hierro-esponja o ya en últimas, el premio Nobel de Mario Molina... ¿por qué estos temas no son vistos en los museos? ¿por qué no resaltar los verdaderos logros y aportaciones nacionales a la ciencia, cuando éstos existen? Una de los temas ampliamente estudiados y al parecer, confirmados en la investigación educativa, es que el conocimiento para que pueda ser aprendido y aprehendido, debe ser significativo y esto implica que también sea contextualizado: es necesario apelar a lo local, a lo que nos es cercano para que nos sea más fácil aprender. En México, parece que no lo hemos terminado de entender y es triste ver, que en países como Alemania o Reino Unido<sup>73</sup>, se haga una mayor referencia a la planta mexicana Barbasco y su relación con las anovulatorios, que en el propio país de origen... ¿por qué? En México, sólo en el *Universum*, se dedica un pequeño video para hablar de esta aportación mexicana que, sin duda, es reconocida en el mundo.

Y esto nos lleva a otro punto importante: la historia de la química. Si bien es cierto que no en todos los museos extranjeros se hable de ella, sí es cierto que es mayor el número de los que sí la mencionan: temas como la actividad experimental de Lavoisier (en París) o del Gran Duque Pedro Leopoldo (en Florencia) se ven resaltados en los museos de primera generación y en los otros, sin duda, se mencionan otros temas como las aportaciones de Natta a los catalizadores (en Milán), a la historia de la aspirina (en Berlín y Múnich) o bien al descubrimiento de los colorantes sintéticos por Perkin (en Manchester). Aunque esta incursión en la historia podría obedecer más a la contextualización (son aportaciones locales) que al abordaje de la historia, también encontramos que en otros museos se mencionan temas como la historia de la Tabla periódica, la evolución de las celdas electroquímicas, el desarrollo de los polímeros, entre otros. En México, una vez más, no está presente este aspecto, y es el museo *Universum* el único que expone algunos de estos temas (por ejemplo, el desarrollo del nylon, la historia de algunos medicamentos, etc.), pero nos parece que en el resto de los museos, si no se habla de la historia de la química moderna, al menos podría hablarse de los conocimientos (unos empíricos, otros no tanto) que se desarrollaron en México y que forman parte no sólo de nuestra propia historia, sino también de las tradiciones y costumbres que se vinculan con la ciencia química: el teñido de fibras con colorantes naturales, el uso de sales como el tequesquite, el manejo de la herbolaria, los procesos minero-metalúrgicos desarrollados en la colonia, la obtención del hierro-esponja, la

---

<sup>73</sup> En el *Science Museum*, al momento de la visita en 2013, se encontraba la exposición temporal: “The Wellcome Museum Of The History Of Medicine”, en la que se hacía mención a la historia de los anticonceptivos: “se encontró un tipo de raíz mexicano que contenía progesterona”, decía el título de la cédula de la exhibición de una muestra de Barbasco.

producción de salmueras alcalinas por Sosa Texcoco y desde luego, todo aquello que pudiéramos decir sobre el petróleo. Conocer la historia de una disciplina como la química, sin duda es importante para comprender el desarrollo de la ciencias, para entender que el conocimiento científico se obtiene a través de un largo proceso y que no hay “verdades acabadas”, pero conocer la propia historia, la del país, la de la comunidad es igual de importante para abonar a la identidad, al interés por el estudio de las disciplinas y para reflexionar sobre el país en el que vivimos.

Finalmente, hablar de la cuestiones operativas de los museos en México, sería cuestión de otro trabajo de investigación, sin embargo, se pueden hacer algunas puntualizaciones: en primer lugar, y aunque no fue objetivo particular de este trabajo, hay que decir que muchos de los museos mexicanos se encuentran en situaciones deplorables, no hablamos de que no se tengan grandes dispositivos multimedia, simuladores o materiales originales producto de la historia de la ciencia pues es obvio que no contamos con ellos (como el material de Lavoisier o del Gran Duque, con los que cuentan otros países). No. Nos referimos a los precarios dispositivos interactivos, a los espacios, a las salas: para empezar, la mayoría de los museos “interactivos” cuentan con exactamente los mismos dispositivos, la misma disposición, los mismos temas... pareciera una paquete diseñado por “alguien” quien considera que la ciencias son física y biología. Por alguien quien considera que hacer burbujas de jabón gigantes es hacer ciencia o quien considera que la cama de clavos, las poleas y las descargas eléctricas es lo que todo mexicano debe entender que es ciencia, pues son aparatos que se repiten, una y otra vez en los distintos museos. Además de la repetición, el otro aspecto lamentable es que muchos de los dispositivos se encontraron sin funcionar, rotos y destartalados: situación que la sociedad mexicana, no merece.

## CONCLUSIONES FINALES

De los análisis antes realizados, se pueden apuntar varios aspectos relacionados con la enseñanza de la química. En primer lugar, que en términos de la educación formal, los programas de estudios están apegados a la estructura sustantiva paradigmática sin vincular (o muy poco) estos conocimientos, con aspectos relacionados con la historia de la disciplina, la naturaleza de la ciencia y menos aún, contextualizando el conocimiento de manera más localizada, haciendo referencia a temas que tengan que ver tanto con el país como con la localidad de los estudiantes.

Particularmente, en lo que se refiere al programa de la secundaria (Ciencias 3), se concluye que aunque en la declaración de los programas se plantea que el aprendizaje está “centrado en el alumno”, en la realidad, observamos que está centrado en el contenido y específicamente, en el contenido descrito por la tradicional estructura paradigmática. A pesar de que se intercalan temas relacionados con la historia de la disciplina, este acercamiento es forzado a partir de la solicitud de argumentaciones que en este nivel educativo, requieren de un trabajo especial en el salón de clase, situación, que difícilmente ocurre.

En cuanto a los programas del bachillerato, 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. Quizá, 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 sólo 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 de los programas. 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, como 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 cualidad propedeútica del bachillerato, pero se deja de lado un aspecto importante, la alfabetización en ciencias. 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 disciplinares 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 sólo comprender mejor sino también aplicar lo aprendido independientemente de si se tienen o no estudios superiores.

En cuanto a la divulgación de la química en otros espacios, los resultados de este breve análisis indican que es una disciplina que poco interesa a los divulgadores: tanto en artículos de revista como en libros, como en los museos de ciencia (la televisión ya ni se menciona pues hay muy pocos programas de divulgación científica), “la ciencia” tiene cara de física, de astronomía y biología, en la mayoría de los casos. Son pocos los temas de química que se abordan y si lo hacen, tienden a ser lugares comunes.

Para concluir este breve análisis, habremos de decir que el análisis de los programas, la revisión de la divulgación, pero especialmente, la comparación de los museos mexicanos con los extranjeros ha servido para comprender dos cosas fundamentales: la primera, que hablar de la química en particular como disciplina científica, es hablar de temas que nos remiten a la vida común, a las necesidades básicas y por qué no decirlo, a la economía de los países, que en buena medida, se sustentan de sus avances... México, no debería ser la excepción. La segunda, que lo importante para una buena enseñanza y divulgación de la química, no es la tecnología, ni el oneroso gasto en las exhibiciones, ni una grandiosa inversión para escribir libros o artículos y menos aún, en la creación de costosos comités para la elaboración y diseño de los programas de estudio, sino la creatividad y el conocimiento de lo que es la educación: tener a la gente pensando en qué decir de una disciplina, en cómo vincularla con la realidad del público, en cómo relacionarla con la enseñanza formal, en otras palabras, el dinero no debe ser pretexto, no en México. Seamos creativos, tengamos interés, pensemos en la juventud que requiere no sólo adquirir conocimientos, sino reflexionar sobre ellos.

Finalmente, tenemos claro que hablar de la educación en México, implica abordar muchos aspectos de gran complejidad que van desde la organización del Sistema educativo, las condiciones socio-culturales de los estudiantes, los programas de estudio, los medios de comunicación y un largo etcétera, sin embargo, consideramos que uno de los factores más importantes es también el profesor. Sin una buena formación profesional y pedagógica, sin una férrea vocación docente, nada de lo que pueda plantearse desde las instituciones, ningún diseño curricular creativo y ninguna herramienta divulgativa o pedagógica, llegará a las aulas. Los alumnos aprenden, a pesar de todo, si frente a ellos está alguien comprometido y preparado: deseoso de que la educación sea el vehículo para el mejor futuro de la sociedad en la que vive.

## 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, pp.1945-1969.
- Aguirre, C. y Vázquez, A. M. (2004) Consideraciones generales sobre la alfabetización científica en los museos de la ciencia como espacios educativos no formales, *Revista electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 3(3).
- Aikenhead, G. S. (1985), "Collective decision making in the social context of science", *Science Education*, 69, pp. 453-475.
- Alderoqui, S.(comp.) (2006) Museos y escuelas: socios para educar, 2ª reimpresión, Paidós, Buenos Aires, Argentina.
- Allen, S. (2004). Designs for Learning: Studying Science Museum Exhibits that do more than entertain. *Science Education*, 88, S1, pp. 17-33.
- Amador-Bedolla C. (2013) Durabilidad humana y la educación química, *Educación Química*, 24, pp.193-198.
- Anderson, D., Lucas, K. B. And Ginns, I. S. (2003) Theoretical perspectives on learning in an informal setting. *Journal of Research in Science Teaching*, 40(2), p. 177-199.
- Andersson, B. (1990) Pupils' Conceptions of Matter and its Transformations (age 12-16), *Studies in Science Education*, 18, 53-85.
- Araujo, U. y Sastre, G. (cords.) (2008) *El Aprendizaje Basado en Problemas. Una nueva perspectiva de la enseñanza en la universidad*, Gedisa S.A., España.
- Arcà, M., Paolo G. y Paolo M. (1990), *Enseñar ciencia. Como empezar: reflexiones para una educación científica de base*, Paidós, Barcelona.
- Asimov, I. (1989) La popularización de la ciencia en *Pasado, presente y futuro*, Plaza y Janés, Barcelona, España. p. 110-113.
- Atkins P.W., (2005), Skeletal chemistry, en *Education in Chemistry*, 42 [2] Disponible en: [http://www.rsc.org/Education/EiC/issues/2005\\_Jan/skeletal.asp](http://www.rsc.org/Education/EiC/issues/2005_Jan/skeletal.asp) [Consultado el 23 de octubre de 2013]
- Ausubel, D., Novak, J. y Hanesian, H. (1993), *Psicología educativa. Un punto de vista cognoscitivo*, Trillas, México.
- Barak, M. (2007) Transition from traditional to ICT-enhanced learning environments in undergraduate chemistry courses, *Computers & Education* 48, 30–43. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360131504001769> [Consultado el 15 de octubre de 2013]
- Barberá, Ó. y Valdés, P. (1996), "El trabajo práctico en la enseñanza de las ciencias: una revisión", *Enseñanza de las ciencias*, 14, pp. 365-379.
- Barnet, R. J. (1976), *La economía de la muerte*, Siglo XXI, México.
- Bauer, H. H. (1994), *Scientific Literacy and the Myth of the Scientific Method*, University of Illinois, Urbana.
- Bello, S. (2004) Ideas previas y cambio conceptual, *Educación Química* 15 [3], 60-67

- Bennet, J. & Lubben, F. (2006) Context-based chemistry: The Salters approach, *International Journal of Science Education*, 28 [9], 999-1015.
- Bensaude-Vincent B. & Simon J. (2008) *Chemistry. The impure science*. London: Imperial College Press.
- Bensaude-Vincent, B. (1996a) La balança i l'ideal de mesura en l'obra de Lavoisier, en Izquierdo, M.; Figuerola, I.; Grapí, P.; Nieto-Galán, A.; Sánchez, M. (eds.) (1996) *Lavoisier i els orígens de la química moderna, 200 anys després (1794-1994)*, Societat Catalana d'Història de la Ciència i de la Tècnica, Barcelona, España, 71-79
- Bensaude-Vincent, B. (1996b) Between History and Memory: Centennial and Bicentennial Images of Lavoisier, *Isis*, 87 [3], 481-499.
- Berkheimer, G.; Anderson, Ch. & Blakeslee, Th. (s/f) *Matter and molecules. Teacher's guide*. Institute for Research on Teaching, Michigan State University, USA. Disponible en: <http://ed-web3.educ.msu.edu/reports/matter-molecules/> [Consultado el 19 de noviembre de 2013]
- Bertomeu, J. R. y Belmar, A. (2008) La historia de la química: pequeña guía para navegantes. Parte 1: viejas y nuevas tendencias, *Anales de la Real sociedad Española de Química*, 1, 56-63.
- Biesta, G. (2014), "Pragmatizing the curriculum: bringing knowledge back into the curriculum conversation, but via pragmatism", *The Curriculum Journal*, 25, 29-49.
- Black, P. and Atkin, J. M. (1996), *Changing the Subject. Innovations in Science, Mathematics and Technology Education*, OCDE-Routledge, London.
- Blanco, A. (2004) Relaciones entre la educación científica y la divulgación de la ciencia, *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 1[2], 70-86.
- Blanco, A. y Prieto, T. (1994) Las disoluciones, *Alambique: Didáctica de las ciencias experimentales*, 1, 125-132.
- Bohoslavsky, R. (1975), "Psicopatología del vínculo profesor-alumno: el profesor como agente socializante", *Revista de Ciencias de la Educación*, Rosario.
- Bonfil, M. (2003) Recomendaciones básicas para autores de artículos de divulgación, *Ciencia y Desarrollo* (2003) Vol. XXIX, No. 171, 40-41
- Bonfil, M. (2005) Tres metas para la divulgación, *El muégano divulgador* (2005) No. 26, p. 4.
- Bordieu, P. (2003) *El oficio de científico*, Anagrama, Barcelona.
- Borges, M.; Ribeiro, C. M. R.; Araripe, D. R.; Chacon, E. P. y Coutinho, L. G. R. (2011) Ações de Divulgação de Química na Casa da Descoberta - Centro de Divulgação De Ciência da Universidade Federal Fluminense. *Quimica Nova*, V. 34, No. 10, p. 1856-1861.
- Bosch, S. (2000) El museo como educador. *Biblios*, V. 2, No. 6, p.1-4.
- Bosch, S. (2000) El museo como educador, *Biblios*, 2 [6], 1-4.
- Bruner, J. S. (1969) *Hacia una Teoría de la Instrucción*, México, UTHEA
- 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.



- Bybee, R. W. and Deboer, G. (1994), "Research on Goals for the Science Curriculum" en Dorothy L. Gabel (ed.) *Handbook of Research on Science Teaching and Learning*, NSTA-Mcmillan, New York.
- Caamaño, A. (1998). La secuenciación de los contenidos de química en el bachillerato, *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 15.
- Caamaño, A. (2003) La enseñanza y el aprendizaje de la química en Jiménez Aleixandre, P. (coord.) *Enseñar ciencias*, Barcelona: Grao, 203-228.
- Caamaño, A. (2003) Los trabajos prácticos en ciencias, en Jiménez Aleixandre, M.P. (coord.) *Enseñar ciencias*, Grao, Barcelona.
- Caamaño, A. (2005) Contextualizar la ciencia. Una necesidad en el nuevo currículo de ciencias. *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 46.
- Caamaño, A. (2006) Repensar el currículum de química en el bachillerato. *Primera Trobada de professors de Química de la Universitat de Barcelona i professors de química de batxillerat*, Barcelona.
- Caamaño, A. (2011) Ácidos y bases en la vida cotidiana, *Aula de Innovación Educativa*, 205, 83-90.
- Caamaño, A. e Izquierdo, M. (2003) El currículum de química del bachillerato en Cataluña: todavía muy lejos de una química contextualizada, *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 36, 60-67.
- Caamaño, A. y Maestre, G. (2004) La construcción de ión, en la intersección entre el modelo atómico-molecular y el modelo de carga eléctrica, *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 42, 29-40.
- Calvo, M. A. (2012) Libros y revistas de divulgación científica como recursos en la enseñanza de la química y la física, en Pinto, G. y Martín, M. (eds.) *Enseñanza y divulgación de la química y la física*, Ibergarceta Publicaciones, S.L., Madrid, España, 125-134.
- Cañal, P. (2004) La alfabetización científica: ¿necesidad o utopía?, *Cultura y Educación*, 16 (3), 245-257
- Cereijido, M. (2009) *La ciencia como calamidad. Un ensayo sobre el analfabetismo científico y sus efectos*. Gedisa. Barcelona, España.
- Chagas, I. (1993). Aprendizagem não formal/formal das ciências: Relações entre museus de ciência e escolas. *Revista de Educação*, 3 (1), 51-59.
- Chamizo, J. A. (2007b), Las aportaciones de S. Toulmin a la enseñanza de las ciencias, *Enseñanza de las Ciencias*, 25, 133-146.
- Chamizo, J. A (2001) El currículum oculto en la enseñanza de la química, *Educación Química*, 12 [4], 194-198.
- Chamizo, J. A (2011a) La imagen pública de la química, *Educación Química*, 22 [4], 320-331.
- Chamizo, J. A. (1996) Enseñar lo esencial acerca de lo más pequeño, *Educación química*, 7 [1], 7-12.
- Chamizo, J. A. (2000) La enseñanza de las ciencias en México. EL paradójico papel central del profesor, *Educación química*, 11 [1], 132-136.

- Chamizo, J. A. (2000), La enseñanza de las ciencias en México. El paradójico papel central del profesor. *Educación Química*, segunda época, 11(1)
- Chamizo, J. A. (2007) Teaching Modern Chemistry through 'Recurrent Historical Teaching Models', *Science & Education*, 116, 197-216.
- Chamizo, J. A. (2009a) Filosofía de la química: I. Sobre el método y los modelos, *Educación química*. De Aniversario, 6-11.
- Chamizo, J. A. (2009b) El aprendizaje de la historia experimental de la química, *Tecné, Episteme y Didaxis*, 26, 82-96.
- Chamizo, J. A (2011), *La imagen pública de la química*, *Educación Química*, 22(4), 320-331.
- Chamizo, J. A. (2011b) Sobre el experimento químico, *La Gaceta del Fondo de cultura Económica*, 486. Disponible en: [http://www.joseantoniochamizo.com/pdf/Sobre\\_el\\_experimento\\_quimico.pdf](http://www.joseantoniochamizo.com/pdf/Sobre_el_experimento_quimico.pdf) [Consultado el 3 de diciembre de 2013]
- Chamizo, J. A. (2012), La enseñanza de las ciencias en la escuela: los trabajos prácticos, en Flores F. (coord) *La enseñanza de la ciencia en la educación básica en México*, INEE, México.
- Chamizo, J. A. (2013), *De la paradoja a la metáfora. La enseñanza de la química a través de sus modelos*, UNAM-Siglo XXI, México.
- Chamizo, J.A y Hernández, G. (2000) Construcción de preguntas, la Ve epistemológica y examen ecléctico personalizado, *Educación Química*, México, 182-187
- Chang, R. (2002) *Química*, McGraw-Hill Interamericana Editores S.A., México
- Claxton, G. (1994), *Educar mentes curiosas. El reto de la ciencia en la escuela*, Visor, Madrid.
- Clough, M. (2007) Teaching the Nature of Science to Secondary and Post-Secondary Students: Questions rather than tenets, *The Pantaneto Forum*. 25. Disponible en: <http://www.pantaneto.co.uk/issue25/clough.htm> [Consultado el 11 de noviembre de 2013]
- Cobern W.W., Loving C.C. (2000) Defining "Science" in a Multicultural World: Implications for Science Education, *Science Education*, 85, pp. 50–67, 2000.
- Coll, C. y Martin, E. (2006) "Vigencia del debate curricular. Aprendizajes básicos, competencias y estándares", *El currículo a debate*. Revista PRELAC, UNESCO, Santiago.
- Cooper, M. y Kerns, T., The effect of the laboratory course on student's achievements and perceptions: qualitative and quantitative aspects, *Journal of Chemical Education*, 83 (9), pp.1356, 2006.
- Couso, D., Izquierdo, M. y Rubilar, C. (2008) Capítulo 3. La resolución de problemas en Rubilar, Cristian *et al*, (coord.) *Área y estrategias de Investigación en la Didáctica de las Ciencias Experimentales*. Colección Formación en Investigación para profesores, Vol. 1, UAB, España, 59-81.

- Cuesta, M., Díaz, M. P, Echevarría, I., Morentin, M., Pérez, C. (2000) Los museos y centros de ciencia como ambientes de aprendizaje, *Revista AlambiqueDidáctica de las Ciencias Experimentales*, 26 [Versión electrónica: <http://alambique.grao.com>]
- Cuesta, M.P. Díaz, I. Echevarría y M. Morentin (2003) Utilización del museo de ciencias como recurso didáctico en educación social, *Revista de Psicodidáctica*, No.15-16, 85-94.
- De la Chaussée, M. E. (2009) Las estrategias argumentativas en la enseñanza y el aprendizaje de la química, *Educación Química*, 20 [2], 143-155.
- De Vos, W. and Verdonk, A.H. (1996) The Particulate Nature of Matter in Science Education and in Science, *Journal of Research in. Science.Teaching*, 33 [6], 657-664
- Del Carmen, L (2000) Los trabajos prácticos, en: Perales, F. J. y Cañal, P. (2000) *Didáctica de las ciencias experimentales*, Editorial Marfil, Alcoy, España, 49-65.
- Del Carmen, L. (1995) *Criterios para el análisis, selección, secuenciación y organización de los contenidos educativos en el currículo: Aplicación a la secuenciación de contenidos de biología en la educación primaria*. Tesis Doctoral, Facultat de ciències de l'educació, Univesitat de Girona, 511p.
- Delors, J. (1996) La educación o la utopía necesaria en *La educación encierra un tesoro*. Informe para la UNESCO de la Comisión Internacional sobre la educación en el siglo XXI. Ediciones de la UNESCO, México.
- Dewey, J. (1963), *Mi credo pedagógico*, Buenos Aires, Losada, 54, pp. 55
- Diario Oficial de la Federación, DOF (2008) *Acuerdo número 442 por el que se establece el Sistema Nacional de Bachillerato en un marco de diversidad*. DOF: 26/09/2008. Recuperado de: [http://dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5061936&fecha=26/09/2008](http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5061936&fecha=26/09/2008) [Consultado el 15 de junio de 2013]
- 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 por última vez en julio 09, 2015, de la URL:[http://www.sems.gob.mx/work/models/sems/Resource/10905/1/images/Acuerdo\\_numero\\_442\\_establece\\_SNB.pdf](http://www.sems.gob.mx/work/models/sems/Resource/10905/1/images/Acuerdo_numero_442_establece_SNB.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 por última vez en julio 09, 2015, de la URL: [http://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5233070&fecha=09/02/2012](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, 201-213.
- Dirección General de Bachillerato, DGB (2011) *Documento Base del Bachillerato General*, Secretaría de Educación Pública. Recuperado de: [http://www.dgb.sep.gob.mx/02-m1/03-iacademica/01-programasdeestudio/documentobase/doc\\_base\\_032012\\_rev01.pdf](http://www.dgb.sep.gob.mx/02-m1/03-iacademica/01-programasdeestudio/documentobase/doc_base_032012_rev01.pdf) [Consultado el 13 de mayo de 2013]

- Driver, R., Squires, A., Rutshworth, P. y Wood-Robinson, V. (2000), *Dando sentido a la ciencia en secundaria. Investigaciones sobre las ideas de los niños*, Biblioteca para la actualización del maestro SEP, México.
- Duffee, L., and Aikenhead, G. (1992) Curriculum change, student evaluation, and teacher practical knowledge. *Science Education*, 76, 493-506.
- Duschl, R. and Grandy, R. (2008), *Teaching Scientific Inquiry. Recommendations for Research and Implementation*, Sense Publishers, Rotterdam.
- Echeverría, J. (2003), *Introducción a la Metodología de la Ciencia*, Cátedra, Madrid.
- Egido, I., Aranda, R., Cerrillo, R., De la Herrán, A., De Miguel, S., Hernández-Casilla, R., Murillo F. J., Isusiquireza, D. y Pérez-Serrano, M. (2006) Aprendizaje basado en problemas (ABP). Estrategia metodológica y organizativa del currículo para la calidad de la enseñanza en los estudios de Magisterio. *Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 20 [3], 137-149.
- Eisner, E. (1979), *Educational Imagination*, Mcmillan, New York.
- Erduran, S. (2001) Philosophy of Chemistry: An Emerging Field with Implications for Chemistry Education, *Science & Education*, 10, 581-593.
- Escuela Nacional Preparatoria, ENP (1998) *Programa de estudios de la asignatura de Química III*. Disponible en: <http://dgenp.unam.mx/planesdeestudio/quinto/1501.pdf> [Consultado el 20 de enero de 2014]
- Estrada, L., López, C. y García, A. (1997) Por una cultura científica, en *La jornada semanal*, suplemento del periódico *La jornada*, No. 126 (13 de agosto de 1997)
- Fensham, P. J. (ed) (1988), *Development and Dilemmas in Science Education*, The Falmer Press, London.
- Flick, L. and Lederman, N. G. (2006), *Scientific Inquiry and Nature of Science*, Springer, Dordrecht.
- Furió, C.; Azcona, R.; Guisasola, J. (2006) Enseñanza de los conceptos de cantidad de sustancia y de mol basada en un modelo de aprendizaje como investigación orientada, *Enseñanza de las Ciencias*, 24 [1], 43–58
- Furió, C.; Azcona, R.; Guisasola, J. y Ratcliffe, M. (2000) Difficulties in teaching the concepts of 'amount of substance' and 'mole', *International Journal of Science Education*, 22 [12], 1285- 1304.
- Furió, C.; Vilches, A.; Guisasola, J. y Romo, V. (2001) Finalidades de la enseñanza de las ciencias en la secundaria obligatoria. ¿Alfabetización científica o preparación propedéutica? *Enseñanza de las ciencias*, 19 [3], 365-376.
- Gallart, M. A. (2001), "La formación para el trabajo en América Latina: pasado presente y futuro". *Documento de apoyo, Séptima reunión del Comité regional Intergubernamental del Proyecto Principal de Educación en América Latina y el Caribe*, UNESCO, Montevideo.
- Gallegos, L. (2002) *Comparación entre la evolución de los conceptos históricos y las ideas de los estudiantes: el modelo de estructura de la materia*, disertación doctoral, Facultad de Filosofía y Letras, UNAM, México.
- García, A. y Garritz, A. (2006) Desarrollo de una unidad didáctica: el enlace químico en el bachillerato, *Enseñanza de las Ciencias*, 24 [1], 111–124.

- García, J. J. (2000), La solución de situaciones problemáticas: una estrategia didáctica para la enseñanza de la química, *Enseñanza de las ciencias*, 18 [1], 113-129.
- García, P., Insausti, M. J. y Merino, M. (2003) Evaluación de los trabajos prácticos mediante diagramas V, *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 2 [1] Disponible en: [http://www.cneq.unam.mx/programas/actuales/cursos\\_diplo/cursos/cursos\\_SEP/00/secundaria/mat\\_coord\\_secun/03\\_quimica/arch\\_coord\\_quimica/S1C1.pdf](http://www.cneq.unam.mx/programas/actuales/cursos_diplo/cursos/cursos_SEP/00/secundaria/mat_coord_secun/03_quimica/arch_coord_quimica/S1C1.pdf) [Consultado el 03 de diciembre de 2013]
- García, S., Martínez, C. y Suárez, M. (2007) Explorando las disoluciones: entre la teoría y la práctica, *Alambique Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 52, 65-72.
- Garritz A., Vilches A. y Gil Pérez D., Una revolución científica a la que Educación Química quiere contribuir, *Educación Química*, 25, pp. 290-291, 2014.
- Garritz, A. (1990), Bombas, energía nuclear, ¿para qué?, *Educación química*, 2 (editorial), 50-51.
- Garritz, A. (1998) Una Propuesta de estándares nacionales para la educación científica en el bachillerato. La corriente educativa Ciencia–Tecnología–Sociedad, *Ciencia*, 49 [1], 27-34. Recuperado de: <http://depa.fquim.unam.mx/sie/Documentos/Garritz%201998Estandares%20bachillerato.pdf> [Consultado el 29 de octubre de 2013]
- Garritz, A. (2013) PCK for dummies, *Educación química*, 24(núm. extraord. 2), 462-465.
- Garritz, A. and Trinidad-Velasco, R., (2004) El conocimiento pedagógico del contenido, *Educación Química*, 15 [2], 98-102.
- Gasca, M.A. (2013) *El desarrollo de habilidades argumentativas en el proceso de comprensión y producción de un ensayo escolar en estudiantes de bachillerato*, Tesis para obtener el grado de Doctor en Pedagogía, Facultad de Filosofía y Letras, UNAM, 264p.
- Gil, D. (1991) ¿Qué hemos de saber y saber hacer los profesores de ciencias? (Intento de síntesis de las aportaciones de la investigación didáctica), *Enseñanza de las Ciencias*, 9 [1], 69-77.
- Gil, D. y J. M. (2005), “¿Para qué y cómo evaluar? La evaluación como instrumento de regulación y mejora del proceso de enseñanza aprendizaje”, en Machado A. *¿Cómo promover interés por la cultura científica*, UNESCO, Santiago.
- Gil, D. y Vilches, A. (2006) Educación, ciudadanía y alfabetización: mitos y realidades, *Revista Iberoamericana de Educación*, 42, pp. 31-53. Disponible en: <http://www.rieoei.org/rie42a02.pdf> [Consultado el 2 de abril de 2013]
- Gilbert J. (2006) On the Nature of “Context” in Chemical Education, *International Journal of Science Education*, 28, pp. 957-976.
- Gilbert, J. (2006) On the Nature of “Context” in Chemical Education, *International Journal of Science Education*, 28 [9], 957-976.
- Gillespie, R. J. (1991) What is wrong with the general chemistry course? *Journal of Chemical Education*, 68, 192-194.

- Gillespie, R. J. (1997) The great ideas of chemistry, *Journal of Chemical Education*, 74, 862-864.
- Giral F. (1969) *Enseñanza de la Química Experimental*, Monografías 6. Organización de Estados Americanos, Washington.
- Gooday, G.; Lynch, J.; Wilson, K.; & Barsky, C. (2008) Does Science Education Need the History of Science? *Isis*, 99, 322-330.
- Guisasola, J. y Morentin, M. (2005) ¿Qué papel tienen las visitas escolares a los museos de ciencias en el aprendizaje de las ciencias? Una revisión de las investigaciones. *Enseñanza de las Ciencias*, 25(3), p. 401-414.
- Guisasola, J. y Morentin, M. (2007) ¿Qué papel tienen las visitas escolares a los museos de ciencias en el aprendizaje de las ciencias? Una revisión de las investigaciones, *Enseñanza de las Ciencias*, 25 [3], 401-414
- Guisasola, J., Azcona, R., Etxaniz, M., Mujika, E. y Morentin, M. (2005). Diseño de estrategias centradas en el aprendizaje para las visitas escolares a los museos de ciencias. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 2(1), p. 19-32.
- Gupta-Bhowon, M.; Jhaumeer-Laulloo. S.; Li, H. y Ramasami, P. (2009) *Chemistry Education in the ICT Age*, Springer
- Gutiérrez, A. y Crispín, M. C. (2010) Contenidos esenciales en la asignatura de Química III en la Escuela Nacional Preparatoria. Un análisis mediante el empleo de redes semánticas naturales, *Educación Química*, 21 [2], 139-145.
- Haidar, A. and Abraham, M. (1991) A Comparison of Applied and Theoretical Knowledge of Concepts Based on the Particulate Nature of Matter, *Journal of Research in Science Teaching*, 28 [10], 919-938.
- Hawking, S. y Mlodinow, L. (2010), *El gran diseño*, Crítica, Barcelona.
- Hernández Millán G., Enseñanza experimental. ¿Cómo y para qué? *Educación Química*, 23(número extraordinario 1), pp. 92-95, 2012.
- Hernández, G. y Bello, S. (2005) La V de Gowin y la Evaluación del Trabajo Experimental, *Enseñanza de las Ciencias*, Número Extra. VII Congreso
- Herrera, A.†(2002) Divulgar... ¿por qué y para qué? En Tonda, J., Sánchez, A. y Chávez, N. (coord.) (2002) *Antología de la divulgación de la ciencia en México*, Dirección General de Divulgación de la Ciencia, UNAM.
- Hodson, D. (1994) Hacia un enfoque más crítico del trabajo del laboratorio, *Enseñanza de las Ciencias*, 2 [3], 299-313.
- Hodson, D. (1998) Science Fiction: the continuing misrepresentation of science in the school curriculum, *Curriculum Studies*, 6 [2], 191-216.
- Hodson, D. (1999), "Going beyond cultural pluralism. Science education for sociopolitical action", *Science Education*, 83, pp. 775-796.
- Hodson, D. (2003), "Time for action: Science education for an alternative future", *International Journal of Science Education*, 25, pp. 645-670.
- Hodson, D. (2008), *Towards Scientific Literacy: A Teachers' Guide to the History, Philosophy and Sociology of Science*, Sense Publishers.

- Hodson, D. (2014), "Nature of Science in the Science Curriculum: Origin, Development, Implications and Shifting Emphases", en Michael Matthews (ed) *International Handbook of Research in History, Philosophy and Science Teaching*, Springer, Dordrecht.
- Höettecke, D. & Silva, C. (2011) Why Implementing History and Philosophy in School Science Education is a Challenge: An analysis of Obstacles, *Science & Education*, 20, 293-316.
- Hofstein, A. & Lunetta, V. (2004) The Laboratory in Science Education: Foundations for the Twenty-First Century, *Science Education*, 88, 28 – 54.
- Hofstein, A. (2004) The laboratory in chemistry education: thirty years of experience with developments, implementation, and research, *Chemistry Education: Research and Practice*, 5 [3], 247-264.
- Holbrook, J. and Rannikmae, M. (2007), "The nature of science education for enhancing scientific literacy", *International Journal of Science Education*, 29 [11], pp. 1347-1362.
- Holman J., (2002) What does it mean to be chemically literate? *Education in Chemistry*, 39, 12-14.
- 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 (2016), *México en PISA 2015*, México. Disponible en <http://publicaciones.inee.edu.mx/buscadorPub/P1/D/316/P1D316.pdf> [Consultado el 03 de diciembre de 2016]
- Izquierdo, M. (1994) La V de Gowin, un instrumento para aprender a aprender (y a pensar). *Alambique. Didáctica de las ciencias experimentales* [Versión electrónica]. Disponible en <http://www.grao.com/revistas/alambique/001-materiales-curriculares/la-v-de-gowin-un-instrumento-para-aprender-a-aprender-y-a-pensar> [Consultado el 03 de diciembre de 2013]
- Izquierdo, M. (2000) Aspectos epistemológicos en la enseñanza de la ciencia, en: Chamizo, J.A. (2007) La esencia de la Química. Reflexiones sobre filosofía y educación, Facultad de Química, UNAM, 29-59. Recuperado de: <http://depa.fquim.unam.mx/SHFQ/docs/LaEsenciaDeLaQuimica.pdf> [Consultado el 02 de noviembre de 2013]
- Izquierdo, M. (2005) Hacia una teoría de los contenidos escolares, *Enseñanza de las Ciencias*, 23 [1], 111–122.
- Izquierdo, M. (2013) School Chemistry: An Historical and Philosophical Approach, *Science & Education*, 22, 1633–1653.
- Izquierdo, M., Sanmartí, N. y Espinet, M. (1999) Fundamentación y diseño de las prácticas escolares de ciencias experimentales, *Enseñanza de las Ciencias*, 17, pp. 45-59.
- Jenkins, E. W. (1997), "Scientific and technological literacy: Menings and rationales", in Jenkins E.W (ed) *Innovations in science and technology education (Vol II)* UNESCO, París.

- Jiménez, M. R., Sánchez, M. A. y De Manuel, E. (2002) Química cotidiana para la alfabetización científica: ¿realidad o utopía?, *Educación Química* 13[4], México, p. 259-266.
- Jiménez-Aleixandre, M. P. y López, A. (2009) *Resources for introducing argumentation and the use of evidence in science classrooms*. Project Mind the gap, funded by The European Union, 7th Framework program (FP7). Universidad de Santiago de Compostela. Danú, España.
- Jiménez-Alexandre, M. P. y Sanmartí, N. (1997) ¿Qué ciencia enseñar?: objetivos y contenidos en la Educación Secundaria en Del Carmen, Luis (coord.) *La enseñanza y el aprendizaje de las ciencias de la naturaleza en la Educación Secundaria*, I.C.E Univesitat Barcelona, España.
- Johnstone, A. H. (1982). Macro and micro chemistry. *School Science Review*, 64, 295-305.
- Khine, M. S. (ed.) (2012), *Advances in Nature of Science Research. Concepts and Methodologies*, Springer, Dordrecht.
- Kind, V. (2004) *Más allá de las apariencias. Ideas previas de los estudiantes sobre conceptos básicos de química*. Aula Siglo XXI, UNAM.
- Kind, V. (2009) Pedagogical content knowledge in science education: potential and perspectives for progress, *Studies in science education*, 45 [2], 169-204.
- 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*, Fondo de Cultura Económica, México.
- LaCuesta, A. (1998) La enseñanza por proyectos, ¿mito o reto?, *Revista Iberoamericana de Educación*, No. 16 - Educación Ambiental y Formación: Proyectos y Experiencias. Disponible en: <http://www.rieoei.org/oeivirt/rie16a09.htm> [Consultado el 21 de noviembre de 2013]
- Leach, J. & Scott, P. (2002) Designing and Evaluating Science Teaching Sequences: An Approach Drawing upon the Concept of Learning Demand and a Social Constructivist Perspective on Learning, *Studies in Science Education*, 38 [1], 115- 42.
- Lederman, N. G. (2007) Nature of science: Past, present, and future. In S. K. Abell & N. G. Lederman (Eds.), *Handbook of research on science education*, Lawrence Erlbaum Associates, Mahwah.
- Lederman, N., Abd-el-Khalick, F., Bell, R. L., & 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, pp. 497–521.
- Lee, O., Eichinger, D., Anderson, ch., Berkheimer, G. & Blakeslee, Th. (1990) *Changing Middle School Students' Conceptions of Matter and Molecules*, Research Series No. 194, The Institute for Research on Teaching College of Education, Michigan, USA. Disponible en: <http://education.msu.edu/irt/PDFs/ResearchSeries/rs194.pdf> [Consultado el 29 de noviembre de 2013]



- Leite, L. (2002) History of Science in Science Education: Development and Validation of a checklist for Analysing the Historical Content of Science Textbooks, *Science & Education*, 11, 333-359.
- Levinson, R. (ed) (1994), *Teaching Science*, The Open University Press-Routledge, London.
- Lewis, A. and Miel, A. (1978), "Key Words relative to Curriculum and Instruction", en James Gress and David Purpel, *Curriculum. An Introduction to the Field*, Mc.Catcham PC, Berkeley.
- Linthorst, J. A. (2012) The image of chemistry and curriculum changes, *Educación Química*, 23 [2], 240-242.
- Liu, X. (2009) Beyond Science Literacy: Science and the Public, *International Journal of Environmental & Science Education*, 4 (3), 301-311.
- Llorens, J.A. (1988) La concepción corpuscular de la materia. Obstáculos epistemológicos y problemas de aprendizaje, *Investigación en la escuela*, 4, 33-48.
- Maiztegui, A., González, E., Tricárico, H., Salinas, J., Pessoa, A. y Gil, D. (2000) La formación de profesores de ciencias en Iberoamérica, *Revista Iberoamericana de Educación*, 24, OEI Ediciones. Disponible en: [www.rieoei.org/rie24a07.htm](http://www.rieoei.org/rie24a07.htm) [Consultado el 21 de enero de 2014]
- Marinho, M. de C. y Fortuna, E. (2008) O ensino de histórica da química: contrinuindo para a compreensão da natureza da ciencia, *Ciência & Educação*, 14 [1], 67-88.
- Márquez, E. (2010) *Percepción Social de la Ciencia de un grupo de adolescentes de la Ciudad de México*, Tesis para obtener el grado de Doctor en psicología, Universidad Nacional Autónoma de México, México
- Martínez, A., Valdés, J., Talanquer, V., Chamizo, J.A. (2012) Estructura de la materia: de saberes y pensares, *Educación Química*, 23 [3], 361-369.
- Martínez, R. (2002) *La extinción de los programas de divulgación de la ciencia y la tecnología en la televisión abierta en México: 1980-2000*, Tesis para obtener el título de Licenciado en ciencias de la comunicación, Facultad de Ciencias Políticas y Sociales, UNAM.
- Matthews, M. (2012), "Changing the Focus: From Nature of Science (NOS) to Features of Science (FOS)", en Khine M.S. (2012) *Advances in Nature of Science Research. Concepts and Methodologies*, Springer, Dordrecht.
- Matthews, M. (ed) (2014), *International Handbook of Research in History, Philosophy and Science Teaching*, Springer, Dordrecht.
- Méheut, M. (2005) Teaching-Learning Sequences Tools for Learning and/or Research, en: K. Boersma et al. (eds.), *Research and the Quality of Science Education*, 2005 Springer, Netherlands, 195-207
- Meissner, B. And Bogner, F. (2011) Eriching Students' Education Using Interactive Workstations at a Salt Mine Turned Science Center. *Journal of Chemical Education*, V. 88, No. 4, p. 510-515.
- Mestres R. (2013) Química Sostenible: Naturaleza, fines y ámbito, *Educación Química*, 24 (número extraordinario), pp. 103-112.

- Millar, R. & Osborne, J. (1998) *Beyond 2000: Science education for the future*. The report of a seminar series funded by the Nuffield Foundation, King's College London, School of Education. Disponible en: <http://www.nuffieldfoundation.org/sites/default/files/Beyond%202000.pdf> [Consultado el 10 de octubre de 2013]
- Monke, M. & 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*, John Wiley & Sons, Inc, 405-424, Consultado por última vez en diciembre 13, 2014, de la URL: <http://www.csun.edu/~kdm78513/coursework/625/assignments/documents/philoscience.pdf>
- Morris, P. (2006) The image of Chemistry presented by the Science Museum, London in the Twentieth Century: An International Perspective. *International Journal for Philosophy of Chemistry*, V. 12, No. 2, p. 215-239.
- Murphy, R. L.; Meek, T.; Allred, L. A. & Allen, L. C. (2000) Evaluation and Test of Pauling's Electronegativity Scale, *The Journal of Physical Chemistry*, A 104 [24], 5867-5871.
- Nakhleh, M. B., Polles, J. and Malina, E. (2002), "Learning chemistry in a laboratory environment", en John Gilbert (ed.) *Chemical education: Towards Research-based Practice*, Kluwer, Dordrecht.
- Niaz, M. & Rodríguez, M. (2001) Do we have to introduce history and philosophy of science or is it already 'inside' chemistry? *Chemistry Education: Research and Practice in Europe*, 2 [2], 159-164.
- Nieto E. y Chamizo J.A. (2013) *La enseñanza experimental de la Química. Las experiencias de la UNAM*, Facultad de Química-UNAM, México.
- Nieto-Galán, A. (2003) *Introducción en la obra de Lavoisier, A. L., Tractat elemental de química*, col. "Clàssics de la Ciència", Institut d'Estudis Catalans, 2003, p. IX-LIII.
- Nieto-Galán, A. (2011) *Los públicos de la ciencia. Expertos y profanos a través de la historia*. Fundación Jorge Juan. Marcial Pons, Ediciones de Historia, Madrid, España.
- Norris, S y Phillips, L. (2003) How Literacy in Its Fundamental Sense Is Central to Scientific Literacy, Wiley Periodicals, Inc. *Science Education* 87:224– 240,
- Norris, S. P., Phillips, L. M. and Burns, D. (2014), "Conceptions of Scientific Literacy: Identifying and Evaluating Their programmatic Elements", en Michael Matthews (ed.) *International Handbook of Research in History, Philosophy and Science Teaching*, Springer, Dordrecht.
- Novick, S. and Nussbaum, J. (1981) Pupils' Understanding of the Particulate Nature of Matter: A Cross-Age Study, *Science Education*, 65 [2], 187-196.
- OCDE (2005), *La definición y selección de competencias clave*, en: [www.deseco.admin.ch/bfs/.../en/.../2005.dsceexecutivesummary.sp.pdf](http://www.deseco.admin.ch/bfs/.../en/.../2005.dsceexecutivesummary.sp.pdf) (consulta: 6 de octubre de 2014).
- OCDE (2007) *PISA 2006: Science Competencies for Tomorrow's World Executive Summary*. Disponible en:

- <http://www.oecd.org/pisa/pisaproducts/pisa2006/39725224.pdf> [Consultado el 12 de marzo de 2013]
- OCDE (2013) *Resumen de resultados PISA 2012. Nota de país: México*. Disponible en: <http://www.oecd.org/pisa/keyfindings/PISA-2012-results-mexico-ESP.pdf> [Consultado el 3 de diciembre de 2013]
  - OCDE (2016) *Pisa 2015. Resultados clave*. Disponible en: <https://www.oecd.org/pisa/pisa-2015-results-in-focus-ESP.pdf> [Consultado el 13 de diciembre de 2016]
  - Ortiz, L.; Reza, J. C.; Feregrino, V.; Córdova, J.L.; Dosal, M. A. (2005) Aprendizaje en química a través de actividades curriculares no tradicionales, *Enseñanza de las Ciencias*. Número extra. VII Congreso, España.
  - Osborne, R. y Freyberg, P. (1998), *El aprendizaje de las ciencias. Influencia de las "ideas previas" de los alumnos*, Narcea, Madrid.
  - Pachecho, M. F. (2007) Los museos de ciencia y la divulgación, *Redes*, V. 12, No. 25, p. 181-200.
  - Padilla, K. (2006) El contenido del libro de química para el bachillerato, *Educación Química*, 17 [1], 2-13.
  - Padilla, K., (2012) La indagación y resolución de problemas, un área emergente en la educación química, *Educación Química*, 23, 412-414.
  - Parchmann, I.; Gräsel, C.; Baer, A.; Nentweig, P.; Demuth, R.; Ralle, B. & the ChiK Project Group (2006) "Chemie in Kontext": A symbiotic implementation of a context-based teaching and learning approach, *International Journal of Science Education*, 28 [9], 1041-1062.
  - Pauling, L. (1950), The place of chemistry in the integration of the sciences, *Main Currents in Modern Thought*, 7, pp. 108-111.
  - Payne, A., deProphetis, W., Ellis, A., Derenne, T., Zenner, G. And Crone, W. (2005) Communicating Science to the Public through a University-Museum Partnership. *Journal of Chemical Education*, V. 82, no. 5 p. 743-750.
  - Pearsall, M. K. (1993), *The Content Core. A Guide for Curriculum Designers*, NSTA, Washington.
  - Pedrinacci, E. y Del Carmen, L. (1997) La secuenciación de contenidos: mucho ruido y pocas nueces, *Alambique Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 14, 9-20.
  - Pedrinaci, E. (1997) ¿Es importante secuenciar los contenidos?, *Alambique Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 14, 5-8.
  - Penick, J. E. (1993), *Scientific literacy: An annotated bibliography*, UNESCO, París.
  - Pérez Y. y Chamizo J.A. (2011) Los museos: un instrumento para el aprendizaje basado en problemas (ABP) Eureka, *Revista de Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 8, 312-322.
  - Pérez Y. y Chamizo J.A. (2013) El ABP y el Diagrama Heurístico como herramientas para desarrollar la argumentación escolar en las asignaturas de ciencias, *Ciência & Educação*, Bauru, 19 [3], 499-516.

- Pérez, Y. y Chamizo, J. A. (2016) Análisis curricular de la enseñanza química en México en los niveles preuniversitarios. Parte II: La educación media superior, *Educación Química*, 27, 182-194.
- Pérez, Á. (1988), *Curriculum y enseñanza: Análisis de componentes*, Málaga, Universidad de Málaga.
- Pérez, R. (1998b) *¿Existe el método científico?* Col. La Ciencia para Todos, El Colegio Nacional y Fondo de Cultura Económica, México.
- Pérez, Y. (2010) Aprendizaje basado en la solución de problemas: una propuesta de aplicación de la definición de problema de Toulmin para abordar el tema "Minerales, ¿la clave de la civilización?". Tesis para obtener el grado de Maestra en Docencia para la Educación Media-Superior, Facultad de Química, Universidad Nacional Autónoma de México, México, 224p.
- Pérez Y. y Chamizo J.A. (2011) Los museos: un instrumento para el aprendizaje basado en problemas (ABP) Eureka, Revista de Enseñanza y Divulgación de las Ciencias, 8, 312-322.
- Pfund, H. and Duit, R. (1987), *Bibliography: Students alternative conceptions and Science Education*, IPN, Kiel.
- Piaget, J. and Inhelder, B. (1969), *Psychology of the child*, Basic Books, New York.
- Pilot, A. & Bulte, A. M. W. (2006) The use of "contexts" as a challenge for the chemistry curriculum: Its success and the need for further development and understanding, *International Journal of Science Education*, 28 [9], 1087-1112.
- Pimentel, G. and Ridgway, D. (1988), "Chem Study: Past-Present-Future", *Chem13 News*, 178, pp. 4-5.
- PISA-SEP (2012) *Parte 1. Conociendo PISA*. Disponible en: [http://www.pisa.sep.gob.mx/pisa\\_ciencias\\_2.html](http://www.pisa.sep.gob.mx/pisa_ciencias_2.html) [Consultado el 30 de mayo de 2013]
- Plantin, C. (2009) *La argumentación*, Editorial Ariel, Barcelona, España.
- Posner, G. (2005) *Análisis del currículo*, MacGraw Hill, México.
- Pozo, J. I. (1989). *Teorías Cognitivas del Aprendizaje*, Morata, Madrid, España.
- 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.
- Prat, M. R. y Alimenti, G.A. (2011) Nuevas tecnologías de la información y la comunicación: diseño de un curso preuniversitario de química, *Educación química*, 22 [4], 363-368.
- Prian, J. (2007) *Didáctica de la argumentación: su enseñanza en la Escuela Nacional Preparatoria*, Trabajo recepcional para obtener el título de Maestro en Docencia para la Educación Media superior en el campo del conocimiento del Español, Facultad de Filosofía y Química, UNAM. 147 p.
- Psillos, D. y Niedderer, H. (Eds.) (2002) *Teaching and Learning in the Science Laboratory*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.
- 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], p. 416-436.

- Quílez, J.; Lorente, S.; Sendra, F.; Chorro, F. y Enciso, E., (2003) *Química-2*. ECIR, Valencia.
- Reis, J.; Póvoas, L. Barriga, F. J. A. S., Lopes, C.; Santos, V. F.; Ribeiro, B.; Cascalho, J. y Pinto, A. Science Education in a Museum: Enhancing Earth Science Literacy as a Way to Enhance Public Awareness of Geological Heritage. *Geoheritage*, V. 6, Issue 3, p. 217-223.
- Reisch, G. (2009), *Cómo la Guerra Fría transformo la filosofía de la ciencia. Hacia las heladas laderas de la lógica*, Universidad Nacional de Quilmes, Buenos Aires.
- Restrepo, B. (2005) Aprendizaje basado en problemas (ABP): una innovación didáctica para la enseñanza universitaria, *Educación y Educadores*, Vol. 8, Universidad de La Sabana, Bogotá, Colombia.
- Revel, C.; Couló, A.; Erduran, S.; Furman, M.; Iglesia, P. y Adúriz-Bravo, A. (2005) Estudios sobre la enseñanza de la argumentación científica escolar, *Enseñanza de las ciencias*, Número extra, VII Congreso.
- Ríos, G. (2013) *Las preguntas "abiertas" como estrategia didáctica en la química del agua*, Tesis para obtener el grado de Maestra en Docencia para la Educación Media-Superior, Facultad de Química, Universidad Nacional Autónoma de México, México, 116p.
- Roberts, D. A. (2007), "Scientific Literacy/Science Literacy", en Abell S.K. and Norman G. Lederman, *Handbook of Research on Science Education*, Lawrence Erlbaum, London.
- Robles, C (2008) *Aprendizaje basado en la solución de problemas: una propuesta de aplicación de la definición de problema de Toulmin en la segunda unidad del curso de Química II del Colegio de Ciencias y Humanidades de la UNAM*. (Tesis de Maestría) MADEMS, Facultad de Química, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Robson C., *Real World Research, A Resource for Social Scientists and Practitioner Researchers*, Blackwell Publishers, Oxford, 2002
- Roth, W. M. and Lee, S. (2004), "Science Education as/for participation in the community", *Science Education*, 88, pp. 263-291.
- Russell, T. L. (1981), What history of science, how much, and why? *Science Education*, 65, p. 51-64.
- Rutherford, F. J. (1989), *Science for All Americans AAAS.Project 2061*, Oxford University Press, New York.
- Sanabria, I., Ramirez, M. y Aspée, M. (2006) Una estrategia instruccional para el laboratorio de Física I usando la "V de Gowin". *Revista Mexicana de Física*, 52, suppl.3, 22-25.
- Sánchez-Mora, M. C. (2004) Los museos de ciencia promotores de la cultura científica, *Elementos*, No. 53, Vol. 11, Universidad Autónoma de Puebla, p. 35-43.
- Sánchez-Mora, M. del C. (2006) La exposición museográfica como apoyo a la enseñanza de la mecánica cuántica. *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, V. 11, No. 30, p. 913-942.
- Sanmartí, N. (2002) *Didáctica de las ciencias en la educación secundaria obligatoria*. Síntesis, Madrid, España.

- Sardà, A. y Sanmartí, N. (2000) Enseñar a argumentar científicamente: un reto de las clases de ciencias, *Enseñanza de las ciencias*, 18 [3], 405-422.
- Scerri, E. (2001) The new philosophy of chemistry and its relevance to chemical education, *Chemistry Education: Research And Practice in Europe*, 2 [2], 165-170.
- Schmelkes S. (2006) La interculturalidad en la educación básica, en *El currículo a debate*, Revista PRELAC, UNESCO, Santiago.
- Schulz, R. M. (2014), "Philosophy of Education and Science Education: A Vital but Underdeveloped Relationship", en Michael Matthews. (ed) *International Handbook of Research in History, Philosophy and Science Teaching*, Springer, Dordrecht.
- Schwab, J. J. (1962), *The teaching of science as inquiry*, Harvard University Press, Cambridge.
- Schwartz, A. T. (2006) Contextualized Chemistry Education: The American experience, *International Journal of Science Education*, 28 [9], 977-998.
- Scott, D. (2014), Knowledge and the curriculum, *The Curriculum Journal*, 25, 14-28.
- Secretaría de Educación Pública, *Programa de estudios de Química*. (342201-13FB, DGETI), 2013c. Consultado por última vez en mayo 20, 2015, de la URL: [http://dgeti.sep.gob.mx/images/multimediaDGETI/archivosPdf/planesyprogramas/Programas653/Quimica\\_Acuerdo\\_653\\_2013.pdf](http://dgeti.sep.gob.mx/images/multimediaDGETI/archivosPdf/planesyprogramas/Programas653/Quimica_Acuerdo_653_2013.pdf)
- Secretaría de Educación Pública, *Programa de Estudios del Módulo: Análisis de la materia y energía*. (AMAE-03, CONALEP), 2013d. Consultado por última vez en junio 16, 2015, de la URL: [http://izta5.webcindario.com/tercer\\_semestre/Basica/4-An%C3%A1lisis-de-la-materia-y-la-energ%C3%ADa%2003.pdf](http://izta5.webcindario.com/tercer_semestre/Basica/4-An%C3%A1lisis-de-la-materia-y-la-energ%C3%ADa%2003.pdf)
- Secretaría de Educación Pública, *Química I*. (Programas de estudio, DGB), 2013a. Consultado por última vez en mayo 20, 2015, de la URL: [http://www.dgb.sep.gob.mx/02-m1/03-iacademica/01-programasdeestudio/1er\\_SEMESTRE/Quimica\\_I\\_biblio2014.pdf](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 por última vez en mayo 20, 2015, de la URL: [http://www.dgb.sep.gob.mx/02-m1/03-iacademica/01-programasdeestudio/2do\\_SEMESTRE/Quimica\\_II\\_biblio2014.pdf](http://www.dgb.sep.gob.mx/02-m1/03-iacademica/01-programasdeestudio/2do_SEMESTRE/Quimica_II_biblio2014.pdf)
- Secretaría de Educación Pública, SEP (2011) *Programas de Estudio 2011. Guía para el maestro. Educación Básica Secundaria. Ciencias*. Disponible en: [http://basica.sep.gob.mx/dgdc/sitio/pdf/inicio/matlinea/2011/Ciencias\\_SEC.pdf](http://basica.sep.gob.mx/dgdc/sitio/pdf/inicio/matlinea/2011/Ciencias_SEC.pdf) [Consultado el 10 de abril de 2013].
- Secretaría de Educación Pública, SEP (2013a) *Programas de Estudio de la dirección General de Bachillerato (Química I)*. Disponibles en: [http://www.dgb.sep.gob.mx/02-m1/03-iacademica/01-programasdeestudio/cfb\\_1sem/QUIMICA\\_I.pdf](http://www.dgb.sep.gob.mx/02-m1/03-iacademica/01-programasdeestudio/cfb_1sem/QUIMICA_I.pdf) [Consultado el 1 de diciembre de 2013]
- Secretaría de Educación Pública, SEP (2013b) *Programas de Estudio de la dirección General de Bachillerato (Química II)*. Disponibles en: [http://www.dgb.sep.gob.mx/02-m1/03-iacademica/01-programasdeestudio/cfb\\_2sem/QUIMICA-II.pdf](http://www.dgb.sep.gob.mx/02-m1/03-iacademica/01-programasdeestudio/cfb_2sem/QUIMICA-II.pdf) [Consultado el 1 de diciembre de 2013]

- Secretaría de Educación Pública, SEP (2013c) *Bachillerato Tecnológico. Programas de Estudio Química (Acuerdo secretarial 653)*. Disponible en: <http://cosdac.sems.gob.mx/programas.php> [Consultado el 17 de enero de 2014]
- Segarra, A., Vilches, A. y Gil, D. (2008) Los museos de ciencias como instrumentos de alfabetización científica. *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*, No. 22, p. 85-102.
- Segarra, A., Vilches, A. y Gil, D. (2008) Los museos de ciencias como instrumentos de alfabetización científica, *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*, 22, 85-102.
- Sevia H., Ngai C., Szeinberg 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, pp. 13-20.
- Shamos, M. H. (1995), *The Myth of Scientific Literacy*, Rutgers University Press, New Brunswick.
- Shen, B. S. P. (1975), “Scientific literacy and the public understanding of science”, en Day S.B. (ed) *Communication of science information*, Karger, Basel.
- Shulman, L.S. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, 15, 4–14.
- Shulman, L.S. (1987). Knowledge and teaching: Foundations of the new reform. *Harvard Educational Review*, 57,1–22.
- Shymansky, J. A., Kyle, M. Jr. and Alport, J. M. (1983), “The effects of new science curricula on students performance”, *Journal of Research in Science Teaching*, 20, pp. 387-404.
- Silberman, R. G. and Trautmann, C. (2004) Chemistry at a Science Museum. *Journal of Chemical Education*, V. 81, No. 1, p. 51-53.
- Smeaton, W. (1989) The Legacy of Lavoisier, *Bulletin for the History of Chemistry*, 5, 4-10.
- Solbes, J & Traver, M. (2003) Against a Negative Image of Science: History of Science and the Teaching of Physics and Chemistry, *Science & Education*, 12, 703–717.
- Solbes, J., Calatayud, M., Climent, J. y Navarro, J. (1987) Errores conceptuales en los modelos atómicos cuánticos, *Enseñanza de las Ciencias*, 5 [3], 189-195.
- Solbes, J., Ruiz, J. y Furió, C. (2010) Debates y argumentación en las clases de física y química, *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*. 63, 65-75.
- Solomon, J. (1994), “The laboratory comes of age”, en Ralph Levinson (ed), *Teaching Science*, The Open University Press-Routledge, London.
- Spencer, J. N. (1992) General chemistry course content, *Journal of Chemical Education*, 69, 182-186.
- Tal, R., Bamberger, Y. y Morag, O. (2005). Guided school visits to natural history museums in Israel: Teacher’s roles. *Science Education*, 89(6), pp. 920-935.
- Talanquer V. (2013) Progresiones de aprendizaje: promesa y potencial, *Educación*

*Química*, 24, pp. 362-364.

- Talanquer, V. & Pollard, J. (2010) Let's teach how we think instead of what we know, *Chemistry Education: Research And Practice*, 11, 74-83.
- Talanquer, V. (2004) Formación docente: ¿qué conocimiento distingue a los buenos maestros de química? *Educación Química* 15[1], 60-66.
- Talanquer, V. (2011) Educación química: escuchando la voz de la historia y la filosofía en Stip, A., Sánchez, R. E. y Gamboa, M. C. (comp.) (2011) *Química: Historia, Filosofía y Educación*, Universidad Pedagógica Nacional, México, 55-65.
- Tanner, D. and Tanner, L. (1980), *Curriculum Development. Theory and Practice*, Macmillan, New York.
- Ten Ros, A. E. (2005). *Los Museos Científico-Tecnológicos*. Valencia, España: Universidad de Valencia. En: <http://www.uv.es/~ten/p64.html> (marzo, 30, 2005).
- Tolvanen, S.; Jansson, J.; Vesterinen, V. & Aksela, M. (2013) How to use historical approach to teach nature of science in chemistry education? *Science & Education*, Springer.
- Torres, F. M. (2013) *La enseñanza de la argumentación en química. Diseño de una unidad didáctica sobre temas de química orgánica y polímeros*. Tesis para obtener el Grado de Maestra en Docencia para la Educación Media Superior, Facultad de Química, UNAM. 184p.
- Trejo, B. E. y Martínez, A. J (2012) *Pasa-tiempo con la ciencia: propuesta de un programa de corte infantil con contenidos de divulgación científica para la televisión abierta mexicana*, Tesis para obtener el título de Licenciada en comunicación y periodismo, Facultad de Estudios Superiores Aragón, UNAM, México.
- Trinidad-Velasco, R. y Garritz, A. (2003) Revisión de las concepciones alternativas de los estudiantes de secundaria sobre la estructura de la materia, *Educación Química* 14 [2], 72-85.
- Turpo-Gebera O. (2013) Posicionamiento de los docentes de ciencias en la evaluación de los aprendizajes: una aproximación a sus subjetividades, *Educación Química*, 24, pp. 230-236.
- Universidad Nacional Autónoma de México, *Programa de estudio de la asignatura de Química III*. (ENP), 1996. Consultado por última vez en mayo 20, 2015, de la URL: <http://enp.unam.mx/planesdeestudio/quinto/1501.pdf>
- Universidad Nacional Autónoma de México, *Programas de Estudio de Química I a IV*. (CCH), 2003. Consultado por última vez en mayo 20, 2015, de la URL: [http://www.cch.unam.mx/sites/default/files/plan\\_estudio/mapa\\_quimica.pdf](http://www.cch.unam.mx/sites/default/files/plan_estudio/mapa_quimica.pdf)
- Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM (2013) *Series estadísticas. Sistema Incorporado*. Disponible en: [http://www.estadistica.unam.mx/series\\_inst/](http://www.estadistica.unam.mx/series_inst/) [Consultado el 12 de noviembre de 2013]
- Valdés, M. del C. (1999) *La difusión cultural del museo: servicios destinados al gran público*, Ediciones Trea, S. L., Gijón, España.
- Valdez, R. (2012), "Materiales educativos y recursos didácticos de apoyo para la educación en ciencias", en Flores F. (coord.) *La enseñanza de la ciencia en la educación básica en México*, INEE, México.



- Valente, M. E., Cazelli, S. e Alves, F. (2005) Museus, ciência e educação: novos desafios. *História, Ciências, Saúde – Manguinhos*, vol. 12 (suplemento), 183-203.
- Van Berkel, B.; De Vos, W.; Verdonk, A. H. & Pilot, A. (2000) Normal Science Education and its Dangers: The Case of School Chemistry, *Science & Education*, 9, 123-159.
- Van Driel, J., Verloop, N., de Vos, W. (1998) Developing Science Teachers' Pedagogical Content Knowledge. *Journal of Research in Science Teaching*, 35 [6 ], 673–695.
- Vygotsky, L. (1962), *Thought and language*, Wiley, New York.
- Wagensberg, J. (1992) Public Understanding in a Science Centre, *Public Understanding of Science*, 1, 31-3.
- Wagensberg, J. (1998) El herrero, el biólogo y la ética científica en *Ideas para la imaginación impura*, Barcelona, España. Disponible en: <http://bibliotecaignoraria.blogspot.com/2008/04/el-herrero-el-bilogo-y-la-tica.html> [Consultado el 2 de abril de 2013]
- Wandersee, J. H. (1986) Can the history of science help science educators anticipate students' misconceptions? *Journal of Research in Science Teaching*, 23, 581–597.
- Young, M. (2014), "What is a curriculum and what can it do?", *The Curriculum Journal*, vol. 25, no. 1, pp. 7-13.
- Zoller, U. (2013) Science, Technology, Environment, Society (STES) Literacy for Sustainability: What Should it Take in Chem/Science Education?, *Educación Química*, 24, pp. 207-214.

## ANEXO 1

### Comparación de contenidos para las dos versiones del programa de Química de la secundaria

CIENCIAS 3 (SEP, 2006)	CIENCIAS 3 (SEP, 2011)
TEMAS Y SUBTEMAS	CONTENIDOS
<b>BLOQUE I. LAS CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES</b>	<b>BLOQUE I. LAS CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES</b>
<p><b>1. La química, la tecnología y tú</b></p> <p>1.1. ¿Cuál es la visión de la ciencia y la tecnología en el mundo actual?</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Relación de la química y la tecnología con el ser humano y el ambiente.</li> </ul>	<p><b>La ciencia y la tecnología en el mundo actual</b></p> <p>Relación de la química y la tecnología con el ser humano, la salud y el ambiente</p>
<p>1.2. Características del conocimiento científico: el caso de la química</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Experimentación e interpretación.</li> <li>• Abstracción y generalización.</li> <li>• Representación a través de símbolos, diagramas, esquemas y modelos tridimensionales.</li> <li>• Características de la química: lenguaje, método y medición.</li> </ul>	
<p>1.3. Tú decides: ¿cómo saber que una muestra de una sustancia está más contaminada que otra?</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Toxicidad</li> </ul>	<p><b>Identificación de las propiedades físicas de los materiales:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cualitativas</li> <li>• Extensivas</li> <li>• Intensivas</li> </ul>
<p><b>2. Propiedades físicas y caracterización de las sustancias</b></p> <p>2.1. ¿Qué percibimos de los materiales?</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Experiencias alrededor de las propiedades de los materiales.</li> <li>• Limitaciones de los sentidos para identificar algunas propiedades de los materiales.</li> <li>• Propiedades cualitativas: color, forma, olor y estados de agregación.</li> </ul>	<p><b>Experimentación con mezclas</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Homogéneas y heterogéneas.</li> <li>• Métodos de separación de mezclas con base en las propiedades físicas de sus componentes</li> </ul>
<p>2.2. ¿Se pueden medir las propiedades de los materiales?</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Propiedades intensivas: temperatura de fusión y de ebullición, viscosidad, densidad, concentración (m/v), solubilidad.</li> </ul>	<p><b>¿Cómo saber si la muestra de una mezcla está más contaminada que otra?</b></p> <p>Toma de decisiones relacionada con:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Contaminación de una mezcla.</li> </ul>

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Medición de propiedades intensivas.</li> <li>• Propiedades extensivas: masa y volumen.</li> <li>• Medición de propiedades extensivas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Concentración y efectos.</li> </ul>
<p>2.3. ¿Qué se conserva durante el cambio?</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• La primera revolución de la química: el principio de conservación de la masa.</li> <li>• La importancia de las aportaciones del trabajo de Lavoisier.</li> </ul>	<p><b>Primera revolución de la química</b></p> <p>Aportaciones de Lavoisier: la Ley de conservación de la masa.</p>
<p>2.4. La diversidad de las sustancias</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Experiencias alrededor de diversas sustancias.</li> <li>• Una clasificación particular: el caso de las mezclas.</li> <li>• Mezclas homogéneas y heterogéneas.</li> <li>• Propiedades y métodos de separación de mezclas.</li> </ul>	
<p><b>3. Proyectos. Ahora tú explora, experimenta y actúa (temas y preguntas opcionales)</b></p> <p>Sugerencias:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ¿Quién es el delincuente? El análisis en la investigación científica (ámbitos: de la vida y del conocimiento científico).</li> <li>• ¿Qué hacer para reutilizar el agua? (ámbitos: del ambiente y la salud, y del conocimiento científico y la tecnología).</li> </ul>	<p><b>Proyectos: ahora tú explora, experimenta y actúa (preguntas opcionales)* Integración y aplicación</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ¿Cómo funciona una salinera y cuál es su impacto en el ambiente?</li> <li>• ¿Qué podemos hacer para recuperar y reutilizar el agua del ambiente?</li> </ul>
<p><b>BLOQUE II. LA DIVERSIDAD DE PROPIEDADES DE LOS MATERIALES Y SU CLASIFICACIÓN QUÍMICA</b></p>	<p><b>BLOQUE II. LAS PROPIEDADES DE LOS MATERIALES Y SU CLASIFICACIÓN QUÍMICA</b></p>
<p><b>1. Mezclas, compuestos y elementos</b></p> <p>1.1. La clasificación de las sustancias</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Experiencias alrededor de diferentes clasificaciones de sustancias.</li> <li>• Mezclas: disoluciones acuosas y sustancias puras: compuestos y elementos.</li> </ul>	<p><b>Clasificación de los materiales</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mezclas y sustancias puras: compuestos y elementos.</li> </ul>
<p>1.2. ¿Cómo es la estructura de los materiales?</p> <p>El modelo atómico.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Organización de los electrones en el átomo. Electrones internos y externos.</li> </ul>	<p><b>Estructura de los materiales</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Modelo atómico de Bohr.</li> <li>• Enlace químico</li> </ul>

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Modelo de Lewis y electrones de valencia.</li> <li>• Representación química de elementos, moléculas, átomos, iones, e isótopos.</li> </ul>	
<p>1.3. Clasificación científica del conocimiento de los materiales</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• La segunda revolución de la química: el orden en la diversidad de sustancias.</li> <li>• Aportaciones del trabajo de Cannizzaro y Mendeleiev.</li> </ul>	<p><b>¿Cuál es la importancia de rechazar, reducir, reusar y reciclar los metales?</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Propiedades de los metales.</li> <li>• Toma de decisiones relacionada con: rechazo, reducción, re-uso y reciclado de metales.</li> </ul>
<p>1.4. Tú decides: ¿qué materiales utilizar para conducir la corriente eléctrica?</p>	<p><b>Segunda revolución de la química</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• El orden en la diversidad de las sustancias: aportaciones del trabajo de Cannizzaro y Mendeleiev.</li> </ul>
<p><b>2. Tabla periódica</b></p> <p>2.1. Estructura y organización de la información física y química en la tabla periódica</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Identificación de algunas propiedades que contiene la tabla periódica: número atómico, masa atómica y valencia.</li> <li>• Regularidades que se presentan en la tabla periódica.</li> <li>• Metales y no metales.</li> <li>• Características de: C, Li, F, Si, S, Fe, Hg.</li> </ul>	<p><b>Tabla periódica: organización y regularidades de los elementos químicos</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Regularidades en la Tabla Periódica de los Elementos químicos representativos.</li> <li>• Carácter metálico, valencia, número y masa atómica.</li> <li>• Importancia de los elementos químicos para los seres vivos.</li> </ul>
<p>2.2. ¿Cómo se unen los átomos?</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• El enlace químico.</li> <li>• Modelos de enlace: covalente, iónico y metálico.</li> <li>• El agua como un compuesto ejemplar</li> </ul>	<p><b>Enlace químico</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Modelos de enlace: covalente e iónico.</li> <li>• Relación entre las propiedades de las sustancias con el modelo de enlace: covalente e iónico.</li> </ul>
<p><b>3. Proyecto: Ahora tú explora, experimenta y actúa (temas y preguntas opcionales)</b></p> <p>Sugerencias:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ¿Cuáles son los elementos químicos importantes para el buen funcionamiento de nuestro cuerpo? (Ámbitos: de la vida y del conocimiento)</li> </ul>	<p><b>Proyectos: ahora tú explora, experimenta y actúa (preguntas opcionales)*</b></p> <p><b>Integración y aplicación</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ¿Cuáles elementos químicos son importantes para el buen funcionamiento de nuestro</li> </ul>

científico). <ul style="list-style-type: none"> <li>¿Cómo funcionan las drogas? (Ámbitos: de la vida y del conocimiento científico).</li> </ul>	cuerpo? <ul style="list-style-type: none"> <li>¿Cuáles son las implicaciones en la salud o el ambiente de algunos metales pesados?</li> </ul>
<b>BLOQUE III. LA TRANSFORMACIÓN DE LOS MATERIALES: LA REACCIÓN QUÍMICA</b>	<b>BLOQUE III. LA TRANSFORMACIÓN DE LOS MATERIALES: LA REACCIÓN QUÍMICA</b>
<b>1. La reacción química</b>  1.1. El cambio químico <ul style="list-style-type: none"> <li>Experiencias alrededor de algunas reacciones químicas.</li> <li>La formación de nuevos materiales</li> </ul>	<b>Identificación de cambios químicos y el lenguaje de la química</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Manifestaciones y representación de reacciones químicas (ecuación química).</li> </ul>
1.2. El lenguaje de la química <ul style="list-style-type: none"> <li>Los modelos y las moléculas.</li> <li>El enlace químico y la valencia.</li> <li>Ecuación química. Representación del principio de conservación de la masa</li> </ul>	<b>¿Qué me conviene comer?</b>  <ul style="list-style-type: none"> <li>La caloría como unidad de medida de la energía.</li> <li>Toma de decisiones relacionada con: Los alimentos y su aporte calórico.</li> </ul>
1.3. Tras la pista de la estructura de los materiales <ul style="list-style-type: none"> <li>La tercera revolución de la química: aportaciones del trabajo de Lewis y Pauling.</li> </ul>	<b>Tercera revolución de la química</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Tras la pista de la estructura de los materiales: aportaciones de Lewis y Pauling.</li> <li>Uso de la tabla de electronegatividad.</li> </ul>
1.4. Tú decides: ¿cómo evitar que los alimentos se descompongan rápidamente? <ul style="list-style-type: none"> <li>Conservadores alimenticios.</li> <li>Catalizadores.</li> </ul>	<b>Comparación y representación de escalas de medida</b>  <ul style="list-style-type: none"> <li>Escalas y representación.</li> <li>Unidad de medida: mol</li> </ul>
<b>2. La medición de las reacciones químicas</b> 2.1. ¿Cómo contar lo muy pequeño? <ul style="list-style-type: none"> <li>Las dimensiones del mundo químico.</li> <li>El vínculo entre los sentidos y el microcosmos.</li> <li>Número y tamaño de partículas. Potencias de 10.</li> <li>El mol como unidad de medida</li> </ul>	
<b>3. Proyecto (temas y preguntas opcionales)</b> Sugerencias: <ul style="list-style-type: none"> <li>¿Qué me conviene comer? Aporte energético de los compuestos</li> </ul>	<b>Proyectos: ahora tú explora, experimenta y actúa (preguntas opcionales)* Integración y aplicación</b>  <ul style="list-style-type: none"> <li>¿Cómo elaborar jabones?</li> </ul>

<p>químicos de los alimentos. Balance nutrimental. (Ámbitos: de la vida, y del cambio y las interacciones).</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ¿Cuáles son las moléculas que componen a los seres humanos? Características de algunas biomoléculas formadas por CHON (Ámbito: de la vida).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ¿De dónde obtiene la energía el cuerpo humano?</li> </ul>
<b>BLOQUE IV. LA FORMACIÓN DE NUEVOS MATERIALES</b>	<b>BLOQUE IV: LA FORMACIÓN DE NUEVOS MATERIALES</b>
<p><b>1. Ácidos y bases</b></p> <p>1.1. Ácidos y bases importantes en nuestra vida cotidiana.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Experiencias alrededor de los ácidos y las bases.</li> <li>• Neutralización.</li> </ul>	<p><b>Importancia de los ácidos y las bases en la vida cotidiana y en la industria</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Propiedades y representación de ácidos y bases.</li> </ul>
<p>1.2. Modelo de ácidos y bases</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Modelo de Arrhenius.</li> </ul>	
<p>1.3. Tú decides: ¿cómo controlar los efectos del consumo frecuente de los “alimentos ácidos”?</p>	<p><b>¿Por qué evitar el consumo frecuente de los “alimentos ácidos”?</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Toma de decisiones relacionadas con: Importancia de una dieta correcta.</li> </ul>
<p><b>2. Oxidación y reducción</b></p> <p>2.1. La oxidación: un tipo de cambio químico</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Experiencias alrededor de la oxidación</li> </ul> <p>2.2. Las reacciones redox</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Experiencias alrededor de las reacciones de óxido-reducción.</li> <li>• Número de oxidación y tabla periódica</li> </ul>	<p><b>Importancia de las reacciones de óxido y de reducción</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Características y representaciones de las reacciones redox.</li> <li>• Número de oxidación.</li> </ul>
<p><b>3. Proyecto: Ahora tú explora, experimenta y actúa (temas y preguntas opcionales)</b></p> <p>Sugerencias:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ¿Puedo dejar de utilizar los derivados del petróleo y sustituirlos por otros compuestos? (Ámbitos: del conocimiento científico, de la vida y de la tecnología)</li> <li>• ¿Cómo evitar la corrosión? (Ámbitos: del ambiente y la salud y de la tecnología)</li> </ul>	<p><b>Proyectos: ahora tú explora, experimenta y actúa (preguntas opcionales)*</b></p> <p><b>Integración y aplicación</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ¿Cómo evitar la corrosión?</li> <li>• ¿Cuál es el impacto de los combustibles y posibles alternativas de solución?</li> </ul>

BLOQUE V. QUÍMICA Y TECNOLOGÍA	BLOQUE V. QUÍMICA Y TECNOLOGÍA
<p><b>¿Cómo se sintetiza un material elástico? (obligatorio)</b></p> <p>Sugerencia: ¿Cómo se sintetiza un material elástico? (Ámbitos: del cambio y las interacciones y de la tecnología)</p> <p>Temas y preguntas opcionales</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ¿Qué ha aportado México a la química? Principales contribuciones de los investigadores químicos al desarrollo del conocimiento químico (Ámbitos: ambiente y salud y del conocimiento científico)</li> <li>• ¿Por qué usamos fertilizantes y plaguicidas? (Ámbitos: de la vida, del conocimiento científico y del ambiente y la salud)</li> <li>• ¿De qué están hechos los cosméticos y algunos productos de aseo personal como los jabones? (Ámbitos: de la vida y del conocimiento científico)</li> <li>• ¿En qué medida el ADN nos hace diferentes? (Ámbitos: de la vida y del conocimiento científico)</li> <li>• ¿Cuáles son las propiedades de algunos materiales que utilizaban las culturas prehispánicas? (Ámbitos: del conocimiento científico y de la tecnología)</li> <li>• ¿Cuál es el papel de la química en diferentes expresiones artísticas? (Ámbitos: de la tecnología y del conocimiento científico)</li> <li>• ¿Qué combustible usar? (Ámbitos: del ambiente y la salud y de la tecnología)</li> </ul>	<p><b>Proyectos: ahora tú explora, experimenta y actúa (preguntas opcionales)*</b></p> <p><b>Integración y aplicación</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ¿Cómo se sintetiza un material elástico?</li> <li>• ¿Qué aportaciones a la química se han generado en México?</li> <li>• ¿Cuáles son los beneficios y riesgos del uso de fertilizantes y plaguicidas?</li> <li>• ¿De qué están hechos los cosméticos y cómo se elaboran?</li> <li>• ¿Cuáles son las propiedades de algunos materiales que utilizaban las culturas mesoamericanas?</li> <li>• ¿Cuál es el uso de la química en diferentes expresiones artísticas?</li> <li>• ¿Puedo dejar de utilizar los derivados del petróleo y sustituirlos por otros compuestos?</li> </ul>

## ANEXO 2.

### ANÁLISIS DETALLADO (EJES 3 A 6) DE LOS PROGRAMAS DE BACHILLERATO

#### a) *Programas de Estudio para el Bachillerato General (DGB)*

#### EJE 3. CONTEXTUALIZACIÓN

De lo que se ha ido discutiendo a lo largo de este análisis podemos ver que en el programa se pretende contextualizar a partir de relacionar el contenido teórico con ejemplos de la vida cotidiana. En múltiples ocasiones se remite a que el estudiante “investigue” conceptos y los relacione con su vida cotidiana o con su “comunidad, región, país u otros países”. Sin embargo, la manera de hacer esta contextualización, en el mejor de los casos se hace a la manera del Modelo 1 de Gilbert (2006) es decir, primero se estudia el contenido teórico y después de la busca una aplicación, veamos un par de ejemplos:

1. En el bloque III (QI) se estudian los isótopos y las actividades de enseñanza que se proponen para abordar el tema son:
  - a) Explicar el concepto de isótopo, sus características y la relación entre el número atómico y el número de masa.
  - b) Solicitar una investigación sobre los isótopos que incluya: aplicación de los isótopos radioactivos en la vida diaria y características de las reacciones de fisión y fusión nuclear.
  
2. En el bloque IV del programa de Química II se estudian los grupos funcionales y las actividades de enseñanza que se proponen para abordar el tema son:
  - a) Solicitar la elaboración de un organizador gráfico que reúna las características, usos y propiedades de los principales grupos funcionales.
  - b) Coordinar la realización de una actividad experimental que permita identificar las propiedades de los compuestos de uso cotidiano
  - c) Organizar una lluvia de ideas acerca de la importancia biológica, económica y ecológica de los compuestos derivados del carbono.

Esto puede verse a lo largo de todo el programa: la aplicación del concepto a algún aspecto de la “vida cotidiana” y en muchos casos, específicamente relacionado con la salud o con el medio ambiente. En el caso del programa de Química II esto se evidencia aún más pues en la “Actividad integradora” propuesta al final de todos los bloques se pide que el estudiante haga un “proyecto de investigación”, participe en un foro o realice un ensayo en donde se muestre la “utilidad” del contenido teórico.

Ya hemos dicho que el Modelo 1 no es el ideal, pero resulta aún menos adecuado cuando trata de contextualizarse de manera forzada o realmente poco significativa para el



alumno: en uno de los ejemplos anteriores se pide que el estudiante investigue la aplicación de isótopos radioactivos en la vida diaria y dudamos que en la vida diaria de un estudiante promedio de México (o de cualquier lugar del mundo) tenga muchas aplicaciones de estos isótopos. En otros casos, en el bloque II (QII) se lee algo como lo siguiente: “presentar su proyecto de investigación ante los compañeros de grupo y reflexionar sobre la importancia de la aplicación de cálculos estequiométricos en la prevención de problemas de carácter ecológico y económico así como las implicaciones ecológicas, industriales y económicas, promoviendo la actitud del cuidado ambiental” (p. 20), nos parece que tratar de relacionar los cálculos estequiométricos con la promoción de la actitud del cuidado ambiental es, por decir lo menos, forzado.

Por otro lado, tratándose de un programa que tiene alcance nacional, sería recomendable enfatizar en el estudio de aspectos propios del país tanto desde el punto de vista histórico (desarrollo económico del país a partir de la industria minera o petrolera, por citar algunos) como de la industria química actual (sea cual sea el estado de ésta) que promuevan el análisis y la reflexión de los estudiantes sobre temas propios de la región y país en el que viven.

#### EJE 4. HISTORIA Y NATURALEZA DE LA CIENCIA

Respecto al contenido histórico, en ambos programas de estudio se intenta abordar la perspectiva histórica (Tabla A2.1). Sin embargo, la manera de hacerlo además de pobre, es poco adecuada: se apela a resaltar a los personajes históricos y se da a partir de la elaboración de líneas del tiempo.

**Tabla A2.1. Descripción de actividades relacionadas con la historia de la química**

Contenido	Actividad de aprendizaje
Química I (QI)	
Bloque I La química.	Construir una línea del tiempo grupal con los principales momentos del desarrollo de la química y relatar los momentos trascendentales que ha vivido esta ciencia en el ámbito nacional e internacional y el contexto histórico y social en el que surge.
Bloque III Modelos atómicos	Construcción de una línea del tiempo para explicar el desarrollo y aportaciones que se han tenido a lo largo de la historia del modelo atómico (resaltando las aportaciones del Dalton, Thompson, Rutherford, Chadwick, Goldstein, Bohr, Somerfeld, Dirac-Jordan)  Representar, mediante un organizador gráfico, las propuestas y personajes más relevantes relacionados con el desarrollo del modelo atómico actual.

Contenido	Actividad de enseñanza
Química II (QII)	
Bloque I Leyes ponderales	Presentar, con apoyos visuales, una reseña histórica sobre los personajes, contextos y las aplicaciones de la Leyes Ponderales en la vida cotidiana.

Aunque la descripción de la actividad indique que se han de estudiar los contextos, es muy difícil que mediante el recurso de la línea del tiempo se logre realmente hacer un análisis y discusión de los diferentes momentos históricos que se pretenden abordar. Estas líneas, como su nombre lo indica, presentan un enfoque lineal en el que si bien pueden esquematizarse las fechas, nombres y lugares, mucho se deja fuera sobre aspectos sociales, políticos o económicos que de una u otra manera se vinculan con el desarrollo científico. Por otro lado, cuando se habla de “momentos trascendentales que ha vivido esta ciencia”, nos preguntamos ¿a qué se refieren?, Por ejemplo: ¿se considera trascendental el uso de la balanza por Lavoisier para la cuantificación en sus experimentos o se considera trascendental la publicación de su *Tratado Elemental de Química*?, ¿se considera trascendental el Congreso de Karlsruhe o la publicación de la tabla periódica de Mendeleiev?... en otras palabras, ¿qué es trascendental y bajo qué criterio se establece? Pero además, elegido lo trascendental, ¿qué sentido tiene dar un “listado” de esos momentos si no tienen significado alguno para el estudiante? es decir, al inicio del estudio de la disciplina, ¿qué sentido tendría hablar sobre lo trascendente que fue encontrar la estructura del benceno para la química, si el alumno no sólo no sabe lo que es el benceno, sino que nada ha estudiado sobre química orgánica? La información *per se* y los datos (históricos o de cualquier tipo) no bastan: se requiere dar al estudiante elementos para que haya análisis y reflexión a partir de la información histórica.

Además de esta visión de la ciencia basada en la sabiduría de unos cuantos personajes que se puede ver en el abordaje del contenido histórico que se propone, tenemos otros dos aspectos que nos ocupan. El primero de ellos tiene que ver con el siguiente enunciado del programa de Química I (p. 16): “ejemplificar, de manera oral o escrita, la importancia que tiene la Química en su vida cotidiana, desarrollando un sentido de responsabilidad y compromiso al reconocer que ésta ciencia se aplica de manera permanente en actividades diarias favoreciendo el desarrollo de la humanidad” Por supuesto, no dudamos que la química es una ciencia que ha influido e influye todos los días en la vida de los seres humanos, sin embargo no todo es blanco o negro: quizá en muchos aspectos, los conocimientos derivados de la química hayan favorecido a la humanidad, pero en otros, quizá no tanto y ahí es donde debería estar el punto a reflexionar en una aula de clase. En un curso de química, no se trata de decir lo “maravillosa” que es esta disciplina, sino más bien, de ir al análisis de casos (históricos y recientes) que nos den un panorama más amplio de lo que es el conocimiento, de cómo éste no es “puro” sino que puede ser (y es) utilizado para el beneficio de algunos, para el

control de otros... de cómo mucho del desarrollo científico de ésta y otras disciplinas está íntimamente relacionado con el poder económico, político y social.

El otro aspecto es el relacionado con la insistencia que hacen los programas en que el estudiante aplique el método científico. Nos preocupa porque ya desde hace tiempo, desde la filosofía de la ciencia se ha dicho que no existe “El” método científico sino varios métodos (Pérez, 1998) en este sentido, Hodson (1998: 199) establece que:

“Hay muy pocos textos en la literatura contemporánea de filosofía de la ciencia que apoyen la noción de que el método científico puede ser descrito fácilmente y sin ambigüedades, o que comprende la aplicación de una secuencia invariable de pasos bien caracterizados que se aplican en todas las circunstancias. La ciencia no tiene *un* método, ni un conjunto de reglas o secuencia de pasos que puedan y deban ser aplicadas en todas las situaciones. Sin embargo, esto no significa que la ciencia no tiene métodos. La ciencia tiene métodos, pero la naturaleza exacta de estos métodos depende de las circunstancias particulares: la naturaleza del problema, el fenómeno o evento bajo el escrutinio, la comprensión teórica del investigador, el 'hardware' científica disponible y así sucesivamente”.

Por ello, nos parece que enfatizar en el conocimiento y aplicación del método científico proporciona una visión muy sesgada del quehacer científico y de la propia naturaleza de la química.

### EJE 5. TRABAJOS PRÁCTICOS

A lo largo de ambos programas se hace referencia al trabajo experimental en diversos temas como: la identificación de propiedades químicas de los elementos, identificación de factores que intervienen en la velocidad de reacción, aplicación de leyes ponderales, efectos de la lluvia ácida, identificación de propiedades de compuestos de carbono, entre otros. En la Tabla A2.2 se muestra una breve descripción de lo que se propone como actividad experimental.

**Tabla A2.2. Ejemplos de actividades experimentales propuestas**

Contenido	Descripción de actividad experimental
QUÍMICA I (QI)	
Bloque I El método científico y sus aplicaciones.	Desarrollar una actividad experimental en la que <b>se apliquen los pasos del método científico</b> [...]
Bloque II Materia: propiedades y cambios	Participar en una actividad experimental con algunas sustancias que permitan <b>demostrar las propiedades</b> , estados de agregación y cambios que presenta la materia.

Bloque IV Elementos químicos: propiedades periódicas y su variación en la TP	Experimentar con algunos elementos químicos y <b>reconocer sus propiedades</b> [...]
Bloque V Enlace químico	Participar en actividad experimental, con algunos compuestos representativos, donde <b>se demuestren las características</b> y propiedades que determinan el enlace iónico y covalente [...] Participar en actividad experimental que <b>permita describir</b> el comportamiento químico del agua.
Bloque VI Nomenclatura	Participar en actividad experimental donde <b>se demuestre la habilidad en la identificación</b> de compuestos químicos y en el seguimiento de medidas de precaución en su manejo.
<b>QUÍMICA II (QII)</b>	
Bloque I Mol y leyes ponderales	Realización de una actividad experimental que <b>permita identificar</b> al reactivo limitante
Bloque III Métodos de separación de mezclas	Realización de una actividad experimental que <b>permita, a través de los pasos del método científico, separar</b> los componentes de mezclas de uso cotidiano. Realización de una actividad experimental que <b>permita diferenciar</b> los sistemas dispersos
Bloque IV Propiedades de los compuestos orgánicos	Realización de una actividad experimental que <b>permita identificar las propiedades</b> de los compuestos de carbono en productos de uso cotidiano
Bloque V Macromoléculas	Realización de una actividad experimental que <b>permita identificar algunas propiedades</b> de las macromoléculas naturales

Como podemos observar la actividad experimental sí está presente en el programa, aunque habría que apuntar que la realización de estas actividades parece tener un carácter demostrativo es decir, la actividad experimental se utiliza para “probar” o “confirmar” la teoría aprendida y no como un recurso generador de preguntas que hagan pensar a los estudiantes.

Además de lo anterior, en algunos casos, la actividad solicitada no es clara: por ejemplo, en el bloque 1 (QI) se pide que se realice una actividad experimental “aplicando los pasos del método científico” y en el bloque III (QII), se pide la realización de una actividad para separar los componentes de las mezclas “a través de los pasos del método científico”...y más allá de que el método científico no sea *el* método de la ciencia, lo que nos llama la atención es que justo uno de los pasos del método científico es, precisamente, la experimentación.

Por otro lado, en los últimos años, la investigación relacionada con el trabajo experimental escolar, ha propuesto el uso de recursos como la *Ve de Gowin* o el *Diagrama Heurístico* (Izquierdo, 1994; García *et al.*, 2003; Hernández y Bello, 2005; Sanabria *et al.*, 2006; Chamizo, 2009b) como herramientas eficientes que van mucho más

allá de la ejecución de una “receta” y del reporte de los resultados de tal ejecución. Por el contrario, el uso de este tipo de herramientas implica que los alumnos se hagan preguntas, que propongan y sigan diversas metodologías para contestarlas, que reflexionen sobre los resultados, que investiguen, que se vuelvan a cuestionar y que finalmente encuentren respuestas a sus preguntas iniciales o bien que surjan otras...este tipo de trabajo no es trivial, se requiere de la colaboración profesor-alumno de manera permanente y de un gran esfuerzo por parte del profesor para, por un lado, diseñar actividades y utilizar estrategias que promuevan en sus alumnos el hacerse tales preguntas y por otro, para ser un guía del estudiante durante el proceso de darles respuesta (Pérez, 2010). Todo esto contrasta con lo propuesto en estos programas: con el tiempo tan reducido destinado a la experimentación y con la solicitud de reportes que han de ser evaluados con “listas de cotejo”.

### EJE 6. EVALUACIÓN

Se plantea en 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.

#### **b) Programas del Bachillerato Tecnológico (DGETI)**

### EJE 3. CONTEXTUALIZACIÓN

No hay forma de saber qué temas se utilizarán para dar contexto a los conocimientos disciplinares. Lo único que podemos saber es que en el programa se maneja el concepto de *tema integrador* que se define como: “un recurso didáctico que nos permite integrar diferentes conceptos y contenidos científicos de una misma asignatura, así como de distintas asignaturas. También **nos permite darle un significado a los contenidos de cada una de las asignaturas**, a partir de un mismo tema visto desde diferentes ángulos y áreas de la ciencia”. (SEP, 2013c:21, la negrita es nuestra)

Por otro lado, en diversos apartados, se hace evidente que deben trabajarse problemas relacionados con la vida cotidiana del estudiante y en la sección “Contenidos actitudinales” se establece que el estudiante “participará activamente proponiendo soluciones a problemas de su entorno y del cuidado del medio ambiente, mediante la aplicación de los saberes de la química” (SEP, 2013c: 16), por lo que asumimos que los temas medioambientales serán considerados como parte de la contextualización de los aprendizajes.

#### EJE 4. HISTORIA Y NATURALEZA DE LA CIENCIA

Una vez más, el programa no establece algún tipo de contenido que se relacione ni con aspectos históricos ni filosóficos sobre la disciplina, sin embargo, tampoco podemos ser concluyentes sobre el que se aborden o no, pues queda a criterio e interés del profesor.

#### EJE 5. TRABAJOS PRÁCTICOS

Aunque es poco específico el tipo de actividad experimental que habrá de realizarse, sí se manifiesta el hecho de que ha de trabajarse en actividades experimentales por ejemplo, para hacer titulaciones o bien, para la obtención de compuestos orgánicos e inorgánicos (desafortunadamente, no se establecen los objetivos de aprendizaje que se pretenden alcanzar durante la obtención de estos compuestos).

Quizá, aunque no se sabe la manera en la que se realice la actividad en el aula, vale la pena destacar el enfoque que se pretende dar a la actividad experimental en este programa, lo cual se manifiesta en el apartado “La planeación didáctica” en donde se establece que:

“En el contexto de las estrategias didácticas se incluyen las actividades experimentales. Es necesario transitar de la aplicación lineal y mecánica de recetas hacia la construcción de contenidos fácticos y procedimentales mediante la experimentación que brinde a los estudiantes la oportunidad de cambiar sus creencias sobre la práctica, por un enfoque más profundo sobre los fenómenos naturales” (SEP, 2013c: 20)

#### EJE 6. EVALUACIÓN

Finalmente, en cuanto a la evaluación, en la sección “3.4 Evaluación” de la página 22, 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.

#### **c) Programa de la Escuela Nacional Preparatoria (UNAM)**

#### EJE 3. CONTEXTO

En presentación del programa, se establece que éste tiene una enfoque Ciencia, Tecnología, Sociedad y Ambiente (CTS-A):

“Tomando en cuenta que este curso, para la mayoría de los alumnos, representa la última oportunidad dentro de la educación formal para adquirir una cultura científica básica, se considera indispensable incluir los conocimientos fundamentales de química y se opta por un enfoque disciplinario en el que se enfatiza el impacto de la ciencia y la tecnología en la vida actual. Esta relación innovadora entre ciencia, tecnología y sociedad, permite promover en el alumno una ética de responsabilidad individual y social que lo llevará a colaborar en la construcción de una relación armónica entre la sociedad y el ambiente, además de tener el reto de poner en práctica sus conocimientos de química y su capacidad crítica para comprobar la coherencia y viabilidad de sus afirmaciones al confrontarlas con su vida cotidiana.” (ENP, 1988: 2)

Y de acuerdo con el modelaje de Gilbert (2006), prácticamente estamos hablando de los Modelos 1 y 2, en los cuales el contexto sirve para ejemplificar las aplicaciones que tiene determinado contenido teórico. De este modo, a lo largo del programa podemos observar un intento por “acercar” el contenido disciplinar a la “vida cotidiana” del estudiante a través del uso de títulos o subtítulos como:

- 1.1 Energía, motor de la humanidad
- 1.3 El sol, horno nuclear
- 2.1.3 Aire ligero y sin embargo pesa
- 3.1 Tanta agua y nos podemos morir de sed
- 3.3 El porqué de las maravillas del agua
- 4.1 Minerales ¿la clave de la civilización?
- 4.2 Petróleo, un tesoro de materiales y de energía
- 5.1 Elementos esenciales para la vida.

Sin embargo, después de estos “atractivos” títulos aparece una serie de contenidos que son netamente teóricos como propiedades del agua, radiactividad y desintegración nuclear, entre otros. En algunos casos, se sugiere dar alguna breve introducción que sirve para dar un marco de referencia al contenido, como en el caso del contenido 4.1 cuya descripción indica:

Cuarta Unidad: Corteza terrestre, fuente de materiales útiles para el hombre

4.1 Minerales, ¿la clave de la civilización?	Se inicia con el estudio de la litosfera reconociendo que el suelo nos ha dado lo necesario para vivir, desde la remota edad de piedra hasta nuestra moderna era del plástico y las celdas solares. Se estudian los principales minerales, relacionándolos con los recursos de México.
4.1.1 Principales minerales de la República Mexicana	

Aunque inmediatamente después, se inicia con el estudio de las propiedades de los metales:

4.1.2 Metales, no metales y semimetales	Se retoman los conceptos de metal y no metal, destacando la relación entre la ubicación de éstos en la tabla y sus propiedades físicas y químicas, de las cuales se derivan sus aplicaciones. Se enfatiza en la serie de actividad de los metales y se introduce el concepto de elemento anfotérico o semimetal.
---	--

Regularmente, de acuerdo con la estructura del programa, es al final de cada una de las unidades en donde se habla del uso o aplicación: uso de energías alternativas, principales contaminantes y fuentes de contaminación, uso responsable del agua, conservación o destrucción del planeta (contaminación de suelo) y conservación de alimentos. Ya hemos mencionado reiteradamente, que si bien es provechoso proporcionar a los estudiantes un escenario que contextualice lo que aprenden, lo ideal es que no sea a manera de ejemplo, sino, de acuerdo al Modelo 4 de Gilbert (2006) en el que es el contexto, el que genera las preguntas y guía la necesidad de aprender.

Por otro lado, un aspecto que consideramos acertado es que se utilicen temas relacionados con el país como la contaminación de ciertas ciudades o los recursos minerales y petroleros de México para el abordaje de algunos contenidos.

#### EJE 4. HISTORIA Y NATURALEZA DE LA CIENCIA

Desafortunadamente, a lo largo del programa no parece haber la intención de retomar la historia en ningún sentido: ni la historia de la propia disciplina para dar cuenta de cómo ha sido su desarrollo y la complejidad que implicó la aceptación de ciertos conceptos (como el del átomo, por ejemplo) que bien podría ayudar al estudiante a entender sus propias dificultades de comprensión, ni la historia del país en ámbitos relacionados con la disciplina como pudiera ser el desarrollo de la industria minera o la farmacéutica (entre otras) cuyos orígenes en México, bien podrían remontarse a la época prehispánica y servir de pretexto para la discusión y análisis en ámbitos del conocimiento que van más allá del sólo aprendizaje de fórmulas y definiciones.

Es evidente a lo largo del programa que hay una intención sobre la visión que el estudiante ha de formarse respecto a la química: por un lado, es útil pues nos permite obtener materiales de la naturaleza (metales, petróleo, etc.) o sintetizarlos (plásticos, superconductores) y por el otro, es contaminante (lluvia ácida, smog fotoquímico, etc.). Nadie duda que estos dos aspectos son parte de la química, pero habrá que tener cuidado en las reflexiones que se hacen al respecto, por ejemplo, la contaminación no es producto del desarrollo de la ciencia sino de otro tipo de factores (intereses económicos, políticos, etc.) y es en ese punto, sobre el que habría que enfatizar y no tanto en responsabilizar a una disciplina. Además, la química no sólo es "útil" por los materiales que se obtienen a partir de sus procesos, también desde el punto de vista de su desarrollo como ciencia, mucho tiene que aportar y habrá que reflexionar, por ejemplo sobre su lenguaje propio, que es un aspecto común y necesario en todas las ciencias (por ejemplo,



el lenguaje matemático) o bien sobre el hecho de que la química –como toda ciencia- es una construcción social y colectiva. En este sentido, poco o nada puede verse en el programa sobre la modelización, sobre el hecho de que la ciencia en general y la química en particular, se construye con base en modelos que son cambiantes a lo largo del tiempo: por la manera en la que se describen los contenidos, la forma de contextualizarlos y las actividades experimentales propuestas, parece haber la intención de asumir las teorías y los conceptos como hechos irrefutables, como si fueran la fiel descripción de la realidad y no una modelización de la misma.

Por otro lado, hay casos en los que se pasan de largo aspectos que en este nivel educativo, sin duda, hay que discutir sobre el uso y abuso de la ciencia y que en este programa parecen no ser considerados. En un caso particular tenemos por ejemplo, los temas de la radiación y la desintegración nuclear. Ya hemos discutido la complejidad conceptual que implica el abordaje del tema en un curso básico de química, pero concedamos que se considere necesaria su inclusión, ¿es la generación de energía eléctrica todo lo que podemos (y debemos) analizar sobre la energía atómica? Ya en alguna editorial de la revista *Educación Química*, Garritz recomendaba:

“El núcleo atómico ha sabido aprovecharse para erradicar males y enriquecer la calidad de la vida, pero también se le ha utilizado como arma de rendición y amenaza. Logra que millones griten, marchen y protesten, que se formen partidos alrededor de la idea de finiquitar sus aplicaciones energéticas y no-energéticas.

Ésos que gritan y los que se quedan callados, éstos que marchan y los que aplauden despreocupados, éstos que protestan y los que conceden complacidos; TODOS ellos merecen y requieren más información, para decidir mejor, y así saber, TODOS, por qué hacen lo que hacen. Algo como eso sí es educar, en la libertad.” (Garritz, 1990: 51)

De modo que hablar de la energía atómica es mucho más que hablar de que se genera energía eléctrica con ella. La bomba atómica, las aplicaciones médicas, la datación arqueológica y los radioisótopos a los que nos exponemos todos los días, debieran entonces, también ser considerados y probablemente, el tema tendría aún más sentido: no sólo como mera motivación o pretexto para su estudio, sino porque hace que la relación ciencia-tecnología-sociedad sea real a los ojos de los estudiantes y se abra para ellos la posibilidad de investigar, analizar, discutir y claro, argumentar.

## EJE 5. TRABAJOS PRÁCTICOS

Desde el punto de vista de la descripción del programa, se hace evidente la propuesta de hacer actividades experimentales. Específicamente, en la sección “Estrategias didácticas”, se propone, en prácticamente todas las unidades algún tipo de experimentación. En la Tabla A2.3 se detallan estas actividades.

**Tabla A2.3 Descripción de actividades experimentales en el programa de Química III (ENP)**

CONTENIDO	ESTRATEGIA DIDÁCTICA PROPUESTA (Actividades de aprendizaje)
1.1.2 Energía potencial y cinética	Realización de experimentos sobre transformaciones de la energía, por ejemplo la transformación de energía potencial a cinética.
1.2.2 Clasificación de la materia. Sustancias puras: elementos y compuestos Mezclas: homogéneas y heterogéneas.	Experimentos en los que se ejemplifiquen las diferencias entre sustancias puras y mezclas tanto homogéneas como heterogéneas, entre cambios físicos y químicos y entre compuestos y mezclas.
1.2.8 La energía y las reacciones químicas.	Realización de algunas reacciones exotérmicas
1.3.3 Espectro electromagnético	Experimentos relacionados con radiaciones UV, coloraciones a la flama, tubos de descarga y espectros atómicos.
2.1.3 Aire, ligero y sin embargo pesa (propiedades físicas de los gases) 2.1.4 Leyes de los gases. 2.1.7 El aire que inhalamos y el que exhalamos (composición, volumen y número de moléculas)	Experimentos sobre las propiedades de los gases, volumen del aire que exhalamos e inhalamos en un día, las leyes de Boyle, Charles y Gay Lussac.
2.2.1 Algunas reacciones del N <sub>2</sub> , O <sub>2</sub> y CO <sub>2</sub>	Realización de experimentos sobre comburencia del N <sub>2</sub> , O <sub>2</sub> y CO <sub>2</sub> y reacción de los mismos con el agua de cal.
2.2.2 Reacción del oxígeno con metales y no metales	Reacciones de formación de óxidos metálicos y no metálicos.
2.3.2 Partes por millón (ppm)	Experimentos sobre preparación de soluciones con diversas concentraciones en ppm.
2.3.7 Lluvia ácida	Experimentos sobre formación de ácidos y bases a partir de óxidos y efecto de los ácidos sobre el mármol y piedra caliza.
3.3.2. Propiedades del agua.	Realización de experimentos en los que se pongan de manifiesto algunas de las propiedades del agua
3.3.3 Composición del agua: electrólisis y síntesis 3.3.7 Electrolitos y no electrolitos	Prácticas sobre: electrólisis del agua, electrolitos y no-electrolitos, reacciones del agua con óxidos metálicos y no metálicos.
3.3.6. Soluciones. Concentración en por ciento y molar	Preparación de soluciones de diferentes concentraciones porcentuales y molares.
3.3.8. Ácidos, bases y pH.	Determinación de acidez y basicidad en productos de uso cotidiano.
4.1.2 Metales, no metales y semimetales 4.1.3 Estado sólido cristalino	Experimentos sobre conductividad de metales y sales, plateado de metales y objetos; formación de jardines de cristales.
4.2. Petróleo, un tesoro de materiales y de	Práctica sobre la destilación fraccionada del

energía	petróleo crudo o de una mezcla de hidrocarburos con diferentes puntos de ebullición.
4.2.3. Combustiones y calor de combustión.	Determinación experimental del calor de combustión de algunas sustancias procedentes del petróleo.
4.2.4. Refinación del petróleo	Obtención de un producto derivado del petróleo.
4.3.2. Reacciones de polimerización para la obtención	Reacción de polimerización para obtener hule a partir de látex
4.4.2. El pH y su influencia en los cultivos	Experimentos para determinar el pH en muestras de diferentes suelos Identificación experimental de algunos elementos químicos en suelos y vegetales.
5.1. Elementos esenciales para la vida.	Identificación experimental de algunos elementos en los alimentos
5.2. Fuentes de energía y material estructural	Identificación experimental de un azúcar y un almidón. Actividades experimentales en el laboratorio para calcular el calor de combustión de aceites.
5.3 Conservación de alimentos.	Aplicación de métodos caseros en la elaboración de una conserva alimenticia

Es evidente que para todas las unidades se propone más de una actividad experimental, lo cual nos parece importante para la comprensión del “hacer” de la química. Quizá, la única observación que podemos hacer es que la mayoría de las actividades que se proponen, parecer ser demostrativas, es decir, se plantean para demostrar una u otra ley o para comprobar ciertas propiedades o fenómenos, dejando de lado la posibilidad de que los alumnos diseñen y propongan sus propias actividades experimentales. Por supuesto, al ser actividades propuestas, la manera en la que son llevadas al aula o laboratorio dependen del profesor y esperamos que en la realidad, la actividad experimental se realice a través de estrategias y herramientas que fomenten el planteamiento de preguntas, la realización de investigaciones y el desarrollo de explicaciones con base en evidencias y no sólo a través de de recetas de cocina disfrazadas de experimentos.

### EJE 6. EVALUACIÓN

Respecto a la evaluación, únicamente se indica una “Propuesta general de acreditación”, bajo los rubros: *Actividades o factores*, *Carácter de la actividad*, *Periodicidad* y *Porcentaje sobre la calificación sugerido*, pero nos e hace alusión alguna al tipo de evaluación que ha de seguirse

**d) Programa de la Escuela Nacional Colegio de Ciencias y Humanidades: (UNAM)**

EJE 3. CONTEXTO

El programa de estudios tiene un claro enfoque CTS-A, aun cuando no se especifique en alguna parte del mismo. Desde el nombre dado a las unidades, queda clara la intención de tratar de contextualizar el conocimiento químico con algún aspecto de la vida común como los alimentos o los medicamentos. Asimismo, se hace énfasis en la cuestión ambiental al hablar de la contaminación del aire, agua o suelo.

Desafortunadamente, los temas que contextualizan estos contenidos disciplinares se muestran hasta el final de cada una de las unidades, a la manera del Modelo 2 de Gilbert (2006), lo que significa que los temas de análisis sirven como justificación o aplicación de lo antes visto. Por ejemplo, para cerrar la primera unidad se hace la pregunta “¿Por qué es indispensable el agua para la vida?” y se propone que el estudiante haga investigación documental y discusión colectiva alrededor de esta pregunta, incluyendo aspectos como la importancia del agua para las células, la contaminación y purificación del agua o la disponibilidad del agua en la Cd. de México. Si duda, cualquiera de los tres temas propuestos son interesantes para que los estudiantes investiguen, analicen y discutan, pero quizá no como conclusión o “integración de lo estudiado” (como se propone en la página 17 del programa) sino como motivadores y detonadores iniciales para el estudio del agua (en otras palabras, el Modelo 4 de Gilbert).

En la Tabla 29, pueden verse las preguntas de “integración” que se proponen al final de cada una de las unidades y que son las que permiten contextualizar. Además de considerar poco acertada la decisión de ubicarlas al final de las unidades, también hay que destacar que se les dedica muy poco tiempo: apenas tres o cuatro horas para hacer análisis, discusiones y reflexiones sobre temas que son por demás importantes no sólo por lo que significan para el estudio de los conceptos químicos, sino porque permiten vincular a la disciplina con otras ciencias y porque podrían también, favorecer en los estudiantes, el desarrollo de habilidades como el planteamiento de preguntas, la búsqueda y análisis de información y la argumentación.

Por ejemplo, para las preguntas finales de la unidad 1 del programa de Química II, se propone:

<p><b>¿Por qué es necesario preservar el suelo? ¿Es el suelo un recurso natural inagotable?</b></p>	<b>2 horas</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Distribución de temas a los diferentes equipos que forman el grupo para realizar una Investigación bibliográfica que aborde temas como:<ul style="list-style-type: none"><li>- Agotamiento de suelos. Fertilizantes y abonos.</li><li>- Problemas de falta de producción de alimentos vs explosión demográfica.</li><li>- Erosión y desertificación de suelos: problemática en México.</li></ul></li></ul>	

- Contaminación de suelos rurales y urbanos.
- La química y la sustitución de suelos (cultivo sin suelos).
- Contaminación de suelos. Basura y reciclaje de residuos.
  - Exposición de cada uno de los equipos a fin de presentar los aspectos relevantes del tema investigado.
  - Discusión grupal sobre las problemáticas expuestas para concluir por un lado la necesidad de preservar nuestros recursos naturales y por otro la importancia de la Química en el futuro para la producción de alimentos.

Sin duda, todos los temas propuestos serían ideales para trabajarlos a través, por ejemplo, de la estrategia del Aprendizaje Basado en Problemas, para que los estudiantes realicen investigaciones reales (y no sólo recuperación de datos). Para ello, los estudiantes tendrían que plantearse una pregunta abierta que les interese, desarrollar una metodología para darle respuesta, ejecutarla y reportarla... lo que se traduce en mucho tiempo de trabajo tanto dentro como fuera de clase, tanto por parte del profesor, como del estudiante (Pérez, 2010)... dos horas, sin duda, es insuficiente y la oportunidad de contextualizar de manera más significativa, se pierde.

#### EJE 4. HISTORIA Y NATURALEZA DE LA CIENCIA

En ninguno de los dos programas de química se propone un análisis o reflexión sobre el desarrollo histórico de la disciplina. Tal vez, el único aprendizaje que pretende (al menos) un vago reconocimiento de la historia se encuentra en la segunda unidad del programa de Química I: “22. Describe cómo el descubrimiento de las partículas subatómicas dio lugar a la evolución del modelo de Dalton al de Bohr”, aunque por supuesto no es claro si sólo se pretende hacer un repaso de fechas y “descubrimientos” o habrá un análisis más profundo.

Tampoco puede apreciarse la intención de abordar aspectos relacionados con el desarrollo histórico del país en el que intervenga la disciplina, ni contextualizar históricamente los conceptos. En resumen, el análisis histórico es nulo en este curso desde el punto de vista de la propuesta curricular.

Respecto a la naturaleza de la ciencia, sólo se hace alusión a los siguiente: “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” (CCH, 2006: 7), sin embargo, a lo largo de la descripción del programa no vuelve a retomarse algún tipo de postura filosófica.

Por otro lado, en el mismo programa se establece, al final de la tercera unidad (Química II) lo que se propone que el estudiante debe aprender, destacando que la química (CCH, 2006: 47):

- Provee de satisfactores que ayudan a tener una vida mejor.
- Fabrica materiales que facilitan el trabajo y las actividades cotidianas.
- Desarrolla nuevos materiales que mejoran las características de aparatos, instrumentos, transportes, etc.

Con lo anterior, el alumno debe concluir que la química:

- Tiene que ver con todos los aspectos de la manera en que vivimos.
- Ha modificado nuestro mundo y forma de vida.
- Ha desarrollado procesos para cuidar el medio ambiente como el tratamiento de aguas residuales, el desarrollo de mejores gasolinas y de convertidores catalíticos.
- Es una ciencia que ha transformado nuestro mundo y lo seguirá transformando, pero que el uso y abuso de los productos químicos puede ocasionar deterioro de la salud, del medio ambiente y agotamiento de recursos naturales.
- Transforma los materiales naturales en productos útiles.
- Es una ciencia útil, en constante evolución.
- Resaltar que el estudio de la Química en el ciclo bachillerato le permitirá al estudiante comprender el mundo que lo rodea y poder tomar decisiones más inteligentes.

Respecto a esta visión, quizá valga la pena decir algunos comentarios: en primer término, aunque se hable de que la química está en constante evolución, no queda claro cómo o a partir de qué, el estudiante podrá llegar a esta conclusión si en ningún momento se hace algún análisis del desarrollo histórico de la disciplina.

Por otro lado, esta insistencia en la “utilidad” de la química puede no ser adecuada si no se contextualiza en cuanto a los intereses económicos, políticos y sociales que hay detrás de cada “producto útil”. Asimismo, habrá que tener cuidado también con no fomentar esta distorsionada idea de que lo “natural” es “bueno” y de que su transformación, es decir los productos sintéticos son, por definición, “malos”, por el contrario, la reflexión debe ir en el sentido de que todas las sustancias químicas pueden o no ser dañinas dependiendo de quién las use, del propósito y sobre todo, como ya diría Paracelso: *dosis sola facit venenum*.

Además de lo anterior, también habrá que enfatizar con los estudiantes cuestiones que tienen que ver con la propia naturaleza de la ciencia como son el uso de modelos, la necesidad de un lenguaje común y particularmente, en el caso de la química, una cualidad que la distingue: la clasificación que hace de su objeto de estudio (Erduran, 2001)

### EJE 5. TRABAJOS PRÁCTICOS

A lo largo de los contenidos de los dos programas de química, se hace evidente la propuesta de hacer trabajo experimental y de analizar y discutir los resultados. Es destacable que al menos en algunas de estas actividades se sugiera que los estudiantes diseñen colectivamente un experimento, lo cual es mucho más enriquecedor que sólo proponer que sigan una “receta”, pues desde la propuesta del experimento, la ejecución y la obtención de resultados (acertados o no), el estudiante implica todos sus conocimientos y aprende de los aciertos o errores de su propia propuesta.

### EJE 6. EVALUACIÓN

De la evaluación sólo podemos decir que al inicio del programa, 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” (CCH, 2006: 10) Sin embargo, a lo largo de la descripción del programa, no se hacen propuestas específicas de evaluación o se plantea el uso de algunos instrumentos que permitan llevar a cabo estos tres tipos de evaluación mencionados al inicio.

## ANEXO 3

### ANTROPOLOGÍA

1. **Música pegajosa**  
*Claudia Hernández García*, No. 207, p. 24
2. **El cráter de Chicxulub: ecos de una catástrofe antigua**  
*Guillermo Cárdenas Guzmán*, No. 145, p. 30
3. **La paleoecología en busca de los mayas**  
*Nuria Torrescano Valle*, No. 142, p. 22
4. **¡Corre homo, corre!**  
*Gertrudis Uruchurtu*, No. 136, p. 10
5. **La misteriosa Ardi**  
*Alicia García Bergua*, No. 135, p. 16
6. **Caín en el espejo de la ciencia**  
*Miguel Ángel Rivera*, No. 17, p. 18
7. **Los primeros americanos**  
*Jaime Litvak y Lorena Mirambell*, No. 11, p. 10
8. **El nuevo rostro del retrato hablado**  
*Sonia López*, No. 3, p. 8

### ARQUEOLOGÍA

1. **Fósiles marinos en el Templo de las Inscripciones**  
*Francisco Riquelme, Martha Cuevas García, Jesús Alvarado Ortega y José Luis Ruvalcaba Sil*, No. 147, p. 16
2. **Alfonso Caso. Un visionario del pasado**  
*Mónica Genis Chimal*, No. 144, p. 26
3. **En busca de Teotihuacan**  
*Linda Lasky y Clara Rojas*, No. 49, p. 23
4. **Bioarqueología maya**  
*Verónica Garduño González*, No. 31, p. 16
5. **Un cronómetro para el pasado**  
*Luz Lazos Ramírez*, No. 16, p. 30
6. **Mensajes a las estrellas**  
*Miguel Ángel Herrera*, No. 12, p. 10

### ASTRONOMÍA



1. **¿Existe otro planeta en el Sistema Solar?**  
*Daniel Martín Reina*, No. 212, p. 8
2. **Los cazadores del agua perdida**  
*Alberto Flandes*, No. 208, p. 16
3. **“Hemos encontrado ondas gravitacionales”**  
*Sergio de Régules*, No. 208, p. 30
4. **Otros astros, otros mundos**  
*Luis Felipe Rodríguez*, No. 201, p. 10
5. **Encuentro con Plutón**  
*Héctor Pérez de Tejada*, No. 199, p. 30
6. **El sueño de Philae**  
*Alberto Flandes*, No. 196, p. 16
7. **El meteorito de Cheliábinsk**  
*Sergio de Régules*, No. 195, p. 16
8. **Las escurridizas ondas gravitacionales**  
*Shahen Hacyan*, No. 195, p. 30
9. **¿Por qué debemos ir al espacio?**  
*Alberto Flandes*, No. 194, p. 26
10. **El sueño dorado de la energía solar**  
*Guillermo Cárdenas Guzmán*, No. 193, p. 16
11. **Brotos de rayos gamma**  
*Gerardo Martínez Avilés*, No. 193, p. 22
12. **Galaxias de núcleo activo**  
*Edgar A. Ramírez y Pedro Paulo B. Beaklini*, No. 192, p. 10
13. **La nave Cassini y los enigmas de Encelado**  
*Mario Rodríguez Martínez*, No. 191, p. 22
14. **Ventana**  
*ISS*, No. 188, p. 20
15. **Mensaje directo del Big Bang**  
*Sergio de Régules*, No. 186, p. 10
16. **Odisea en el espacio**  
*Daniel Martín Reina*, No. 183, p. 22
17. **El despertar de Rosetta**  
*Alberto Flandes*, No. 182, p. 10
18. **Vestigio de estrella**  
*¿Cómo ves?*, No. 181, p. 20
19. **Un viajero del tiempo y el espacio**  
*Laura Canales*, No. 180, p. 30
20. **El poder del Sol**  
*Alberto Flandes*, No. 176, p. 10
21. **Las auroras polares: valkirias a la deriva**  
*Jorge Fuentes Fernández*, No. 175, p. 22
22. **El maratón de los astrónomos**  
*Sergio de Régules*, No. 174, p. 16
23. **La emoción de descubrir**  
*Lawrence Krumenaker*, No. 173, p. 10
24. **Crónica de un eclipse**  
*Alejandra León Castellá*, No. 170, p. 24
25. **Escalas del Universo**  
*Alexis Hidrobo*, No. 168, p. 16
26. **Venus, los mayas y el fin del mundo**  
*Jesús Galindo Trejo*, No. 168, p. 30
27. **Claves del nacimiento de las estrellas**  
*Primoz Kajdic y Sergio de Régules*, No. 166, p. 16
28. **El fin del mundo es para después**

## BIOLOGÍA

1. **Todo es empezar**  
*¿Cómo ves?*, No. 211, p. 20
2. **En las patas del otro**  
*Rodolfo Bernal-Gamboa y Tere A. Mason*, No. 211, p. 30
3. **Contracorriente**  
*¿Cómo ves?*, No. 208, p. 24
4. **El principio del garbanzo**  
*¿Cómo ves?*, No. 207, p. 20
5. **La raíz del miedo**  
*Rodrigo Pérez Ortega*, No. 205, p. 16
6. **Murciélagos y virus, volando juntos pero no revueltos**  
*Rafael Ojeda*, No. 204, p. 16
7. **Codependencia**  
*¿Cómo ves?*, No. 203, p. 20
8. **Aunque la astrología se vista de seda...**  
*Luis Javier Plata Rosas*, No. 202, p. 16
9. **Vegetales gemelos**  
*¿Cómo ves?*, No. 202, p. 20
10. **Antibióticos del suelo**  
*Fabiola Murguía Flores y Guillermo Murray P.*, No. 201, p. 16
11. **La ciencia del maratón**  
*Luis Javier Plata Rosas*, No. 201, p. 30
12. **El viaje de las semillas**  
*Tania Velázquez y Felipe Velázquez*, No. 198, p. 16
13. **Qué enredo**  
*¿Cómo ves?*, No. 197, p. 20
14. **El lado positivo de los virus**  
*Mauricio Comas García*, No. 197, p. 30
15. **Modificar la vida: avances de la biología sintética**  
*Guillermo Cárdenas Guzmán*, No. 195, p. 10
16. **¿Humanos y animales recordamos igual?**  
*Eneida Strempler-Rubio y Javier Vila*, No. 194, p. 22
17. **Tardígrados: los seres más resistentes del planeta**  
*Silvia Vanessa Zenteno de León*, No. 194, p. 30
18. **Nocturnos**  
*Eduardo de la Vega*, No. 193, p. 20
19. **Hongos con onda**  
*Norma Ávila Jiménez*, No. 193, p. 30
20. **Colosal**  
*Isabelle Marmasse*, No. 192, p. 22
21. **Nuestra salud en riesgo: resistencia antimicrobiana**  
*Miguel Rubio Godoy*, No. 191, p. 16
22. **Agua, aire, tierra y luz**  
*Jack Hamilton*, No. 191, p. 20
23. **El secreto del higo**  
*Eduardo de la Vega*, No. 190, p. 20
24. **Trasplante insólito**  
*Miguel Ángel Cevallos*, No. 190, p. 30

25. **La vigilancia epidemiológica en México**  
*Guillermo Cárdenas Guzmán*, No. 189, p. 10
26. **Un reino aparte**  
*José Manuel Posada de la Concha*, No. 189, p. 20
27. **Revelaciones de un lenguado**  
*Guillermo Murray Tortarolo y Guillermo Murray Prisant*, No. 189, p. 30
28. **Un reloj que nos rige a todos**  
*María Loza Correa*, No. 188, p. 16
29. **Hernán Cortés y la joya del alacrán**  
*Xavier López Medellín*, No. 188, p. 26
30. **Osamu Shimomura y la medusa de cristal**  
*Ángela Posada-Swafford*, No. 187, p. 10
31. **Experiencia visual**  
*¿Cómo ves?*, No. 187, p. 20
32. **Pensar en ladridos**  
*Laura V. Cuaya y Raúl Hernández*, No. 185, p. 10
33. **Ni aves ni ratones ni espectros...**  
*Laura López Argoytia*, No. 185, p. 30
34. **Estevia: ¿dulzura 100% natural?**  
*María Elena Rodríguez Alegría y Agustín López Munguía*, No. 184, p. 10
35. **El nombre de la cosa**  
*Melanie Widmann*, No. 184, p. 20
36. **El agua impura\***  
*Nadia Martínez-Villegas y Rosa María Fuentes Rivas*, No. 184, p. 30
37. **La bacteria inesperada**  
*José Luis Meza de la Rosa*, No. 183, p. 26
38. **Enigmas del origen de la vida**  
*David Venegas*, No. 183, p. 30
39. **Entre tiburones te veas**  
*Eduardo de la Vega*, No. 182, p. 20
40. **Encuentros cercanos en El Vizcaíno**  
*Martha Duhne*, No. 181, p. 30
41. **Experimentos con animales, ¿mal necesario?**  
*Guillermo Cárdenas Guzmán*, No. 179, p. 10
42. **Adiós a los hielos perpetuos: el derretimiento del permafrost**  
*Fabiola Murguía Flores, Guillermo Murray Tortarolo y Guillermo Murray Prisant*, No. 179, p. 22
43. **Las ciencias de la mente**  
*Luis Fernando Cuevas Remigio*, No. 179, p. 30
44. **Semilla, viento y ventura**  
*Natalia Marmasse*, No. 178, p. 20
45. **El experimento más peligroso**  
*Miguel Ángel Cevallos*, No. 178, p. 22
46. **Venenos de mar y tierra**  
*Alexis Hidrobo*, No. 177, p. 22
47. **El canto de las ballenas jorobadas**  
*Norma Ávila Jiménez*, No. 177, p. 30
48. **Las plagas agrícolas, una historia interminable**  
*Ek del Val de Gortari*, No. 176, p. 30

49. **Corazón de melón**  
*¿Cómo ves?*, No. 174, p. 20
50. **Mal de Chagas, mal de Darwin**  
*Gloria Valek*, No. 173, p. 26
51. **La panspermia y el origen de la vida**  
*Dolores Maravilla y Armando Rodríguez Martell*, No. 171, p. 16
52. **Gorrones y gorriones**  
*Arturo Orta*, No. 171, p. 20
53. **Anticuerpos monoclonales: una promesa terapéutica**  
*Gertrudis Uruchurtu*, No. 171, p. 30
54. **Nenúfares**  
, No. 168, p. 20
55. **Los indispensables parásitos**  
*Diego Santiago Alarcón*, No. 168, p. 22
56. **El barón de los jardines**  
*Gloria Valek*, No. 167, p. 26
57. **Musa bananera**  
*NO DISPONIBLE*, No. 161, p. 20
58. **Tras la huella del primate anaranjado**  
*María Emilia Beyer*, No. 160, p. 30
59. **Gibbiflora**  
*Arturo Orta*, No. 159, p. 20
60. **Redondez**  
*Arturo Orta*, No. 157, p. 20
61. **Drama otoñal**  
*Juan Carlos Martínez*, No. 155, p. 20
62. **Naturaleza plástica**  
, No. 152, p. 20
63. **De exóticas a invasoras\***  
*Lucero Sevillano y Ek del Va*, No. 151, p. 22
64. **Cómo ven los animales: una perspectiva subacuática**  
*Manuel Esperón Rodríguez*, No. 151, p. 30
65. **Cicatrices arbóreas**  
*Gabriel Vargas*, No. 149, p. 20
66. **¿Qué es el amor? Respuestas desde la biología\***  
*Ignacio Camacho-Arroyo*, No. 147, p. 10
67. **Al encuentro de tus instintos matemáticos.**  
*Hortensia González Gómez*, No. 143, p. 17
68. **La vida de un cerebro. De la gestación a la senectud\***  
*Gertrudis Uruchurtu*, No. 142, p. 10
69. **Irresistibles por naturaleza**  
*Eduardo de la Vega*, No. 141, p. 20
70. **Diseños naturales**  
*Erica Torrens*, No. 140, p. 20
71. **Estudiar la naturaleza para imitarla**  
*Gertrudis Uruchurtu*, No. 139, p. 10
72. **Abundancia que mata: la eutrofización\***  
*Cecilia Chapa Balcorta y Rosalía Guerrero Arenas*, No. 134, p. 22
73. **¿Cómo clasificar la vida?\***

- Miguel Nadal Palazón*, No. 132, p. 16
74. **Milgrana**  
*Natalia Marmasse*, No. 131, p. 20
75. **Se busca polinizador**  
*Paula Sosenski y César A. Domínguez*, No. 127, p. 30
76. **La selección natural: criatura de dos padres**  
*Susana Esparza, Juan Manuel Rodríguez y Ricardo Noguera*, No. 115, p. 26
77. **Kate Moss, Drosophila y otras supermodelos\***  
*Vivette García Deister*, No. 114, p. 22
78. **Una historia de pelos**  
*Miguel Rubio Godoy*, No. 113, p. 30
79. **¿Quién fue primero, Colón o las gallinas?**  
*Miguel Ángel Cevallos*, No. 108, p. 16
80. **Voladores indeseables**  
*José Alberto Naranjo*, No. 107, p. 20
81. **El discreto encanto de las cochinillas**  
*Clementina Equihua Z. y Richard C. Brusca*, No. 107, p. 30
82. **Al rescate de un depredador formidable**  
*Verónica Guerrero Mothelet*, No. 105, p. 10
83. **Tigres del norte**  
*Isabelle Marmasse*, No. 104, p. 20
84. **Sanguijuelas, aliadas de la ciencia médica**  
*Alejandro Ocegüera Figueroa*, No. 103, p. 22
85. **¿Parientes lejanos?**  
*Erica Torrens Rojas*, No. 102, p. 20
86. **Cuatrociénegas, laboratorio de la evolución**  
*Verónica Guerrero Mothelet*, No. 101, p. 10
87. **Regalecus visita Cozumel**  
*Juan J. Schmitter-Soto*, No. 101, p. 16
88. **De la realidad a los modelos**  
*Juan Carlos Martínez*, No. 99, p. 22
89. **Cantando se entienden las aves**  
*Alejandro Ariel Ríos Chelén y Constantino Macías García*, No. 98, p. 30
90. **¿Qué es la evolución biológica?\***  
*Alejandra Valero Méndez y Lev Jardón Borbolla*, No. 97, p. 14
91. **El agente secreto de la evolución**  
*José Manuel García Ortega*, No. 97, p. 10
92. **Cuatro décadas de estudiar el pensamiento de Darwin: entrevista con Jonathan Hodge**  
*Sergio de Régules y Carmen Sánchez*, No. 97, p. 18
93. **Vida conjunta**  
*I. M.*, No. 97, p. 20
94. **¿Quién le teme al darwinismo?: el poder de una idea**  
*Martín Bonfil*, No. 97, p. 22
95. **Tiktaalik: el pez con cuello**  
*María Emilia Beyer*, No. 97, p. 23
96. **El álbum familiar humano**  
*Carmen Sánchez Mora*, No. 97, p. 30
97. **Trama de vida**

- Martín Bonfil Olivera*, No. 96, p. 20
98. **La muerte bajo control**  
*Helena Porta Ducoling*, No. 95, p. 22
99. **Batalla en la milpa**  
*Susana Vivar Evans*, No. 93, p. 16
100. **La veranera**  
*I.M.*, No. 91, p. 20
101. **Kraken, el calamar gigante**  
*Erica Torrens Rojas*, No. 91, p. 22
102. **Medir para vivir**  
*Markus Müller, Susana Ballesteros, Ma. Elena Bernal, Jaime Bonilla Barbosa, Joaquín Escalona, Ramón*, No. 87, p. 16
103. **Hojas sueltas**  
*Gloria Valek*, No. 86, p. 20
104. **Las motoneuronas de Frankenstein**  
*Víctor Manuel Xicohténcatl*, No. 86, p. 22
105. **Myotragus: la cabra que mira de frente**  
*Jorge Wagensberg*, No. 86, p. 32
106. **Armas prestadas**  
*Erica Torrens Rojas*, No. 84, p. 20
107. **Plásticos biodegradables**  
*Roselia Medina Tinoco*, No. 79, p. 22
108. **Ellos compiten, ellas eligen**  
*Alejandro Córdoba Aguilar*, No. 77, p. 10
109. **De perlas**  
*Nahieli Greaves Fernández*, No. 77, p. 30
110. **Dedos de ballena y máquinas de escribir**  
*Sergio de Régules*, No. 76, p. 16
111. **Orgánico ¿es mejor?**  
*Gertrudis Uruchurtu*, No. 74, p. 22
112. **Con aroma a Nobel**  
*Karla Peregrina y Javier Crúz*, No. 74, p. 30
113. **La metagenómica\***  
*Miguel Ángel Cevallos*, No. 73, p. 22
114. **Vida de insecto**  
*Renato Gómez Herrera*, No. 72, p. 10
115. **Asombrosas historias de los mares**  
*Erica Torrens Rojas*, No. 72, p. 22
116. **Gracia en el mar: rayas y mantas**  
*Eduardo de la Vega*, No. 71, p. 30
117. **Discotecas acuáticas: crónica de una investigación**  
*Miguel Rubio Godoy*, No. 70, p. 22
118. **Emblemas de la Patagonia**  
*Hilda Suárez y Alejandro Balbiano*, No. 70, p. 30
119. **Tuya-mía**  
*Jorge Wagensberg*, No. 68, p. 18
120. **Plagas exóticas**  
*Constantino Macías García*, No. 68, p. 22
121. **Batallas microscópicas\***

- Esperanza Martínez Romero y Jesús Silva Sánchez*, No. 66, p. 16
122. **Hoy hay huevos para cenar**  
*Jorge Wagensberg*, No. 66, p. 26
123. **Bobos**  
*Claudia Ramírez de Arellano y Eduardo de la Vega*, No. 65, p. 22
124. **Veneno de medusas**  
*Erica Torrens Rojas*, No. 64, p. 26
125. **Más allá de las rejas**  
*Fernando Pacheco Muñoz*, No. 63, p. 10
126. **Fronda prehistórica**  
*Athenays Castro*, No. 63, p. 20
127. **Ciencia de agente aduanal**  
*Javier Crúz*, No. 63, p. 22
128. **Pequeños desconocidos**  
*No disponible*, No. 61, p. 20
129. **Cascabel: la serpiente divina**  
*Miguel Rubio Godoy*, No. 60, p. 10
130. **Desafío al tiempo\***  
*Susana Vivar*, No. 60, p. 22
131. **Colorín colorado**  
*Rapi Diego*, No. 59, p. 20
132. **Los perfumes de la vida\***  
*Helena Porta Ducoing*, No. 58, p. 22
133. **Tinta para un herbario**  
*Gloria Valek*, No. 57, p. 20
134. **El divorcio en las aves**  
*Isabel López Rull y Constantino Macías García*, No. 53, p. 30
135. **De virus a virus**  
*Miguel Rubio Godoy*, No. 52, p. 30
136. **Vivir en la Tierra**  
*Juan Núñez-Farfán*, No. 51, p. 30
137. **Heloderma: un lagarto venenoso**  
*Liliana Pardo López*, No. 50, p. 26
138. **Hongos**  
*María Zink*, No. 50, p. 20
139. **El chile, de América para el mundo\***  
*Rosa María Catalá*, No. 49, p. 16
140. **¿Es inevitable el conflicto entre los sexos?**  
*Constantino Macías García*, No. 48, p. 10
141. **El planeta azul**  
*José Manuel García Ortega*, No. 48, p. 30
142. **El espectáculo de las ranas**  
*Gallegher Ruiz Ramirez*, No. 46, p. 22
143. **Los parásitos**  
*Miguel Rubio Godoy*, No. 46, p. 30
144. **Viajeros en busca del verano**  
*Hilda Suárez y Alejandro Balbiano*, No. 45, p. 22
145. **Stephen Jay Gould**  
*Martha Duhne Backhauss*, No. 44, p. 8

146. **Espinas**  
*Lorena Gonzáles Pérez*, No. 43, p. 20
147. **Lo interesante está al final**  
*Carlos Jesús Balderas-Valdivia*, No. 41, p. 10
148. **De colores**  
*Juan Tonda*, No. 38, p. 20
149. **Recreando la vida**  
*Miguel Ángel Cevallos*, No. 37, p. 27
150. **Células madre**  
*Martha Duhne*, No. 36, p. 16
151. **Anémonas**  
*M.D.*, No. 36, p. 20
152. **La pesca con delfines\***  
*Hilda Suárez y Alejandro Balbiano*, No. 35, p. 10
153. **El origen del maíz**  
*Miguel Ángel Cevallos*, No. 35, p. 31
154. **La repelente Gloria**  
*Marcelino Cerejido*, No. 34, p. 31
155. **Origen y evolución del ser humano**  
*Ana Barahona*, No. 32, p. 10
156. **Flores**  
*G.V.*, No. 31, p. 20
157. **Combates territoriales entre elefantes marinos del sur**  
*Hilda Suárez y Alejandro Balbiano*, No. 30, p. 30
158. **Mandíbulas de trampa\***  
*Germán Octavio López Riquelme*, No. 28, p. 10
159. **Caracoles**  
*No disponible*, No. 28, p. 20
160. **Los ácaros, compañeros anónimos**  
*Myrna O. Rodríguez Benítez*, No. 27, p. 16
161. **Virus: entre la vida y la muerte\***  
*Virus: entre la vida y la muerte\**, No. 22, p. 16
162. **El proyecto del genoma humano en la balanza**  
*Miguel Ángel Cevallos*, No. 21, p. 10
163. **Manjar de dioses**  
*G.V.*, No. 20, p. 20
164. **Las dificultades de ser planta**  
*Carlos Renato Ramos*, No. 19, p. 30
165. **La guerra del nopal**  
*Miguel Ángel Rivera*, No. 16, p. 8
166. **Los genes y la conducta sexual**  
*Enrique Reynaud Garza*, No. 14, p. 10
167. **Habitantes coralinos**  
*Alejandra Alvarado*, No. 14, p. 20
168. **Orquídeas**  
*Alejandro Alvarado*, No. 13, p. 20
169. **Los ritmos biológicos**  
*Rebeca Slomianski*, No. 11, p. 16
170. **Flamencos**



<p><i>Alejandra Alvarado</i>, No. 11, p. 20</p> <p>171. <b>Vampiros</b> <i>María Emilia Beyer</i>, No. 11, p. 30</p> <p>172. <b>El determinismo genético</b> <i>Mariana Mondragón</i>, No. 10, p. 8</p> <p>173. <b>¿Por qué existe la muerte?*</b> <i>Martha Duhne Backhauss</i>, No. 9, p. 22</p> <p>174. <b>Las tareas del cerebro</b> <i>Rebeca Slomianski</i>, No. 7, p. 7</p> <p>175. <b>La ballena jorobada</b> <i>No disponible</i>, No. 5, p. 16</p>
<b>BIOQUÍMICA</b>
<p>1. <b>La historia de los antidepresivos</b> <i>David Levine</i>, No. 185, p. 26</p> <p>2. <b>La vida... ¿se originó en la Tierra?</b> <i>Maximino Aldana, Germinal Cocho, y Gustavo Martínez Mekler</i>, No. 23, p. 10</p>
<b>BIOTECNOLOGÍA</b>
<p>1. <b>La vida interior*</b> <i>Agustín López Munguía</i>, No. 106, p. 10</p> <p>2. <b>De cerdos y maíz transgénico*</b> <i>Agustín López Munguía</i>, No. 50, p. 22</p> <p>3. <b>La era de acuario</b> <i>Agustín López Munguía</i>, No. 37, p. 10</p> <p>4. <b>El genoma humano</b> <i>Agustín López Munguía</i>, No. 37, p. 13</p> <p>5. <b>La punta del iceberg</b> <i>Enrique Reynaud</i>, No. 37, p. 22</p> <p>6. <b>Imitar a la naturaleza</b> <i>Xavier Soberón</i>, No. 18, p. 30</p> <p>7. <b>Armas biológicas</b> <i>Miguel Ángel Cevallos</i>, No. 15, p. 10</p> <p>8. <b>Maíz transgénico: la controversia</b> <i>Verónica Bunge</i>, No. 12, p. 8</p> <p>9. <b>Las plantas transgénicas</b> <i>Jaime Padilla Acero</i>, No. 7, p. 8</p> <p>10. <b>Las superbacterias</b> <i>Agustín López Munguía</i>, No. 4, p. 22</p> <p>11. <b>Antes y después de Dolly. Una breve historia de la clonación.</b> <i>Agustín López Munguía</i>, No. 1, p. 26</p>
<b>CIENCIA Y ARTE</b>
<p>1. <b>El infinito en el cine</b> <i>Sidney Perkowitz</i>, No. 213, p. 16</p> <p>2. <b>Atrapados en Marte</b> <i>Sidney Perkowitz</i>, No. 209, p. 22</p> <p>3. <b>El tesoro geográfico del Dr. Atl</b> <i>Gloria Valek</i>, No. 199, p. 26</p> <p>4. <b>Turing y Hawking, ¿típicos nerds?</b> <i>Sidney Perkowitz</i>, No. 197, p. 16</p>

5. **Saber leer**  
*¿Cómo ves?*, No. 196, p. 20
6. **La física de Interestelar**  
*Daniel Martín Reina*, No. 196, p. 30
7. **Arrojo y prudencia**  
*¿Cómo ves?*, No. 195, p. 20
8. **Dalí y la ciencia**  
*Daniel Martín Reina*, No. 193, p. 26
9. **Bichos apantallantes**  
*Sidney Perkowitz*, No. 186, p. 22
10. **Magiscopios**  
*Arturo Orta*, No. 185, p. 20
11. **Arte, física y revolución**  
*Sidney Perkowitz*, No. 182, p. 22
12. **Sinestesia, el cruce de los sentidos**  
*Andrés Cota Hiriart*, No. 173, p. 22
13. **La belleza está... en tu cerebro**  
*Verónica Guerrero Mothelet*, No. 171, p. 10
14. **Agatha Christie: lógica, ciencia y mucho veneno**  
*Luis Javier Plata Rosas*, No. 157, p. 26
15. **Edgar Allan Poe, el poeta científico**  
*Luis Javier Plata Rosas*, No. 143, p. 26
16. **Hechizo**  
*Silvia González de León*, No. 138, p. 20
17. **Ernst Haeckel y la armonía natural**  
*Gloria Valek*, No. 130, p. 16
18. **Orden y belleza**  
*Isolda Osorio*, No. 128, p. 20
19. **Dibujo sobre piedra**  
*Gloria Valek*, No. 124, p. 20
20. **El cuerpo flexible**  
*Gilberto Chen*, No. 114, p. 20
21. **Micromundo**  
*NO DISPONIBLE*, No. 113, p. 20
22. **Arte forense**  
*Humberto Ríos Rodríguez*, No. 112, p. 30
23. **Busco una piedra**  
*Jorge Wagensberg*, No. 91, p. 16
24. **Composición fantástica**  
*Gloria Valek*, No. 87, p. 20
25. **Sangre y fuego**  
*Atenahys Castro, Ismael Meixueiro*, No. 85, p. 20
26. **La divina proporción\***  
*José de la Herrán*, No. 65, p. 30
27. **La inteligibilidad de las formas vivas**  
*Jorge Wagensberg*, No. 64, p. 18
28. **Montones de cosas**  
*Mariana Amore*, No. 62, p. 20
29. **Arte y ciencia: cómo ponerle orden al caleidoscopio del mundo**

*Sergio de Régules*, No. 61, p. 10

30. **Universo**

*Patricia de la Fuente*, No. 34, p. 20

31. **Trazos estelares**

*Miguel Ángel Herrera*, No. 30, p. 20

32. **Biodiversidad en chaquira**

*Solange Rosales Páramo*, No. 27, p. 20

33. **La química del grabado**

*G.V.*, No. 26, p. 20

34. **Naturaleza exótica**

*Aldi de Oyarzabal*, No. 10, p. 16

35. **El Sol**

*Sergio de Régules*, No. 7, p. 16

36. **Fotografía y naturaleza**

*Agustín Estrada*, No. 6, p. 16

37. **Arte, ciencia y verdad**

*Geoffrey Kesteven*, No. 3, p. 7

38. **Divinidad en luz**

*No disponible*, No. 3, p. 16

39. **Rituales a la Tierra**

*Leticia Vieyra*, No. 2, p. 16

**CIENCIA Y LITERATURA**

1. **Gulliver en el país de los científicos absurdos**

*Luis Javier Plata Rosas*, No. 199, p. 16

2. **Sherlock Holmes. La aventura del detective científico**

*Luis Javier Plata Rosas*, No. 152, p. 26

3. **Sábado, cosecha de letras y números**

*Paulino Sabugal Fernández*, No. 3, p. 19

**CIENCIA Y SOCIEDAD**

1. **Dar en la diana**

*¿Cómo ves?*, No. 213, p. 20

2. **Electrizante**

*¿Cómo ves?*, No. 212, p. 20

3. **La homeopatía y la ciencia**

*Ramón Peralta y Fabiá*, No. 206, p. 16

4. **El año sin verano**

*Guillermo Murray Tortarolo y Guillermo Murray Prisant*, No. 205, p. 30

5. **Ciberacoso**

*Guillermo Cárdenas Guzmán*, No. 197, p. 10

6. **Inteligencia colectiva**

*Lourdes Barrera Ramírez*, No. 189, p. 22

7. **Físicos en déficit. El reto de propiciar la vocación científica en México**

*Michelle Morelos y Aleida Rueda*, No. 187, p. 30

8. **Catedral de pan**

*Ernesto Navarrete Arauza*, No. 183, p. 20

9. **Animales invasores**

*Miguel Rubio Godoy*, No. 178, p. 30

10. **El debate de las revistas científicas**

- Jonathan Cueto Escobedo*, No. 175, p. 30
11. **¿Un kilogramo más democrático?**  
*Agustín López Munguía y Sergio de Régules*, No. 171, p. 22
  12. **Agenda Ciudadana: un voto por la ciencia**  
*Guillermo Cárdenas Guzmán*, No. 170, p. 22
  13. **Agüitas**  
*Ismael Meixueiro*, No. 167, p. 20
  14. **Contra la evidencia: los negacionistas en la ciencia**  
*Guillermo Cárdenas Guzmán*, No. 161, p. 10
  15. **El síndrome de la memoria falsa**  
*Luis Fernando Cuevas Remigio*, No. 160, p. 10
  16. **La COP-17: a diez años de Kioto**  
*Guillermo Murray Tortarolo y Guillermo Murray Prisant*, No. 159, p. 22
  17. **Los códigos tras las barras**  
*Ignacio Barradas*, No. 158, p. 16
  18. **Amigos**  
*Gabriel Vargas*, No. 156, p. 20
  19. **Refacciones del cuerpo humano**  
*José Luis Arreola Ramírez*, No. 155, p. 22
  20. **Juntos**  
*No disponible*, No. 154, p. 20
  21. **Strelitzia**  
*Natalia Marmasse*, No. 153, p. 20
  22. **La creación del Archivo General de Indias**  
*Gloria Valek*, No. 151, p. 26
  23. **Dinámica de vuelo**  
*Salvador Gutiérrez Niño*, No. 150, p. 20
  24. **Narraciones extraordinarias**  
*Dante Bucio*, No. 148, p. 20
  25. **Maltrato: la violencia de todos los días\***  
*Verónica Guerrero Mothelet*, No. 143, p. 10
  26. **Invasores cerebrales**  
*Sergio de Régules*, No. 143, p. 30
  27. **Luces, cámara y método científico**  
*José A. Guzmán*, No. 137, p. 16
  28. **Alicia y el país de las maravillas científicas**  
*Luis Javier Plata Rosas*, No. 137, p. 22
  29. **Obvio, evidente, archisabido... y falso**  
*Sergio de Régules*, No. 131, p. 18
  30. **Ciencias y humanidades: ¿mundos separados?**  
*Leticia Loza Trejo*, No. 128, p. 16
  31. **Salud desigual**  
*María Emilia Beyer*, No. 127, p. 22
  32. **La mamá de Kepler**  
*Sergio de Régules*, No. 126, p. 26
  33. **Vida oculta**  
*Guillermo Cárdenas Guzmán*, No. 126, p. 30
  34. **¡Toma tu asqueroso pepino!**  
*Sergio de Régules*, No. 123, p. 30

35. **¿Cómo ves tú la ciencia?**  
*Sergio de Régules*, No. 121, p. 20
36. **La ciencia y la tecnología en los inicios del siglo XXI**  
*VARIOS AUTORES*, No. 121, p. 22
37. **El ungüento de la tierra**  
*Ek del Val de Gortari, Juelieta Benítez-Malvido e Ileri Suazo Ortuño*, No. 113, p. 16
38. **Príncipe y científico**  
*Luis Javier Plata Rosas*, No. 109, p. 26
39. **La ciencia por amor al arte**  
*Gertrudis Uruchurtu*, No. 106, p. 22
40. **Guardando las debidas proporciones**  
*Luis Javier Plata Rosas*, No. 106, p. 30
41. **La imágenes en la ciencia**  
*Guillermo Cárdenas*, No. 105, p. 30
42. **Repelear en el vacío: la depresión en la adolescencia\***  
*Eduardo Thomas Téllez*, No. 103, p. 20
43. **¿Profesión? Museólogo de la ciencia**  
*Juan Nepote*, No. 103, p. 30
44. **Piedra sobre piedra**  
*Elisa Espinosa*, No. 103, p. 20
45. **Bufones y científicos**  
*Sergio de Régules*, No. 102, p. 22
46. **Los hacedores de ¿Cómo ves?**  
*Arturo Orta y Ernesto Navarrete*, No. 100, p. 20
47. **¿Cómo ves? X 100. Del Popocatépetl a la Luna**  
*Sergio de Régules*, No. 100, p. 18
48. **Camionetas ligeras: ¿enemigo en las calles?**  
*Cecilia Rosen y Javier Cruz*, No. 98, p. 22
49. **Añorado Carl Sagan**  
*Verónica Guerrero Mothelet*, No. 96, p. 22
50. **El codiciado premio Ig Nobel**  
*Miguel Rubio Godoy*, No. 94, p. 30
51. **Del cielo a la boca\***  
*Aleida Rueda*, No. 91, p. 30
52. **Sentimientos encontrados**  
*No disponible*, No. 90, p. 20
53. **El cuerpo humano: real + fascinante**  
*Gerardo Gálvez Correa*, No. 90, p. 28
54. **Viajes en el tiempo**  
*Jorge Wagensberg*, No. 88, p. 18
55. **El cerebro y la música**  
*Francisco Delahay y Sergio de Régules*, No. 87, p. 10
56. **Un elegido de los dioses: José de la Herrán**  
*Juan Tonda Mazón*, No. 85, p. 22
57. **La letra escarlata: fraudes en la ciencia**  
*Gerardo Gálvez y Sergio de Régules*, No. 83, p. 10
58. **Las paredes ya hablan**  
*Jorge Wagensberg*, No. 83, p. 32
59. **No pegues tu chicle**

- Agustín López Munguía*, No. 81, p. 10
60. **Acrobacias en parapente**  
*Mariana Espinosa Aldama*, No. 81, p. 20
61. **Víctimas de la moda**  
*Miguel Rubio Godoy*, No. 75, p. 22
62. **Cómo funciona un observatorio astronómico**  
*Miguel Roth*, No. 73, p. 30
63. **Donde los ojos descansan**  
*Mónica Genis*, No. 72, p. 18
64. **Pura fibra**  
*Ernesto Navarrete*, No. 71, p. 20
65. **Pan caliente**  
*Gertrudis Uruchurtu*, No. 67, p. 30
66. **Premios Ig Nobel 2003**  
*Martha Duhne Backhauss*, No. 61, p. 33
67. **¿Leyes con la mirada chueca?**  
*Javier Cruz*, No. 55, p. 22
68. **Premios Nobel 2002**  
*Rolando Ísita Tornell*, No. 49, p. 8
69. **Y otros premios no tan nobles**  
*Martha Duhne Backhauss*, No. 49, p. 9
70. **La construcción de un mundo subterráneo**  
*Gloria Valek*, No. 43, p. 26
71. **La pesca**  
*G.V.*, No. 42, p. 20
72. **El origen de los instrumentos musicales**  
*Jesús Cuevas Cardona*, No. 40, p. 26
73. **Reforestación: más que plantar arbolitos\***  
*Carlos Renato Ramos*, No. 40, p. 30
74. **La historia de una obra colosal**  
*Gloria Valek*, No. 38, p. 26
75. **Premios Nobel 2001**  
*Martha Duhne*, No. 37, p. 8
76. **El cerebro de Laplace**  
*Sergio de Régules*, No. 31, p. 22
77. **¿Fraude en la Luna?**  
*Sergio de Régules*, No. 30, p. 26
78. **¿Cómo ves?... dos años después**  
*Agustín López Munguía*, No. 25, p. 22
79. **Desarrollo sustentable\***  
*Fedro Guillén*, No. 19, p. 16
80. **Los rostros de la violencia**  
*Martha Duhne*, No. 17, p. 10
81. **El recuento de los daños**  
, No. 17, p. 13
82. **¿Somos agresivos por naturaleza?\***  
*Constantino Macías García*, No. 17, p. 20
83. **La cifra negra de la delincuencia**  
*René Jiménez y Berenice Rojón*, No. 17, p. 29

84. **De la intuición a la ciencia**  
*Vicente Talanquer*, No. 15, p. 22
85. **Hacia el siglo XXI\***  
*Luis Estrada*, No. 13, p. 8
86. **La serendipia en la ciencia**  
*Rebeca Slomianski*, No. 10, p. 6
87. **El fantasma de la casa de campo**  
*Luis Bernardo Pérez*, No. 10, p. 26
88. **Elefantes y filósofos**  
*Sergio de Régules*, No. 9, p. 7
89. **El sabor de la verdad**  
*Nemesio Chávez Arredondo*, No. 8, p. 7
90. **Cuando llegan las aguas**  
*Patricia López Suárez*, No. 8, p. 22
91. **La naturaleza es como una buena película**  
*Sergio de Régules*, No. 6, p. 7
92. **La superstición disfrazada de ciencia**  
*Sergio de Régules*, No. 5, p. 7

## ECOLOGÍA

1. **Temporada de ozono**  
*Efraín S. Galicia*, No. 212, p. 30
2. **Ojo de pescado**  
*¿Cómo ves?*, No. 205, p. 20
3. **Ecotecnologías: progreso sin daño ambiental**  
*Guillermo Cárdenas Guzmán*, No. 205, p. 24
4. **Cómeme**  
*¿Cómo ves?*, No. 204, p. 20
5. **Energía limpia**  
*Carlos Amador Bedolla*, No. 204, p. 30
6. **La Antártida, casi dos siglos de investigación científica**  
*Miguel Rubio Godoy*, No. 201, p. 22
7. **Los migrantes del clima**  
*Fabiola Murguía Flores y Guillermo Murray Prisant*, No. 196, p. 22
8. **Vuelve El Niño**  
*Guillermo Murray Tortarolo y Guillermo Murray Prisant*, No. 190, p. 22
9. **Flatulencias colosales calientan el planeta**  
*Fabiola Murguía y Guillermo Murray Prisant*, No. 188, p. 22
10. **Sorpresas de las nubes de tormenta**  
*Beata Kucienska*, No. 185, p. 22
11. **Decepción en la cumbre climática de Varsovia**  
*Guillermo Murray T. y Guillermo Murray P.*, No. 183, p. 15
12. **Ciudades permeables**  
*Gabriela Vázquez Rodríguez y Ulises Iturbide*, No. 183, p. 16
13. **Cambio climático: treinta años de investigación**  
*Guillermo N. Murray Tortarolo y Guillermo Murray Prisant*, No. 182, p. 30
14. **Fuego benéfico**  
*Guillermo Murray Tortarolo y Guillermo Murray Prisant*, No. 177, p. 15
15. **La Gran Mancha de Basura**  
*Clementina Equihua Z. y Alejandra Medellín E.*, No. 173, p. 30

16. **Los inviernos de México**  
*Marco A. Miramontes Téllez*, No. 172, p. 30
17. **La cascada del nitrógeno**  
*Guillermo Murray T. y Guillermo Murray P.*, No. 170, p. 30
18. **Clima desbocado\***  
*Guillermo Murray Tortarolo y Guillermo Murray Prisant*, No. 168, p. 10
19. **Lo que el derrame nos dejó**  
*Guillermo Cárdenas Guzmán*, No. 166, p. 22
20. **Las dificultades de ser herbívoro\***  
*Fabiola Espinosa y Laura Hernández*, No. 166, p. 30
21. **El árbol Prometeo**  
*Sergio de Régules*, No. 165, p. 26
22. **La Cumbre Río + 20 ¿El futuro que queremos?**  
*Guillermo N. Murray Tortarolo y Guillermo Murray Prisant*, No. 165, p. 30
23. **La ecología del polvo\***  
*Guillermo Murray Tortarolo y Guillermo Murray Prisant*, No. 162, p. 16
24. **Historia de éxito**  
*Gloria Valek*, No. 162, p. 20
25. **Mitigación del cambio climático: el papel de los bosques**  
*Guillermo N. Murray Tortarolo y Guillermo Murray Prisant*, No. 158, p. 30
26. **Tesoro ecológico en riesgo. Los manglares de Marismas Nacionales**  
*Guillermo Cárdenas Guzmán*, No. 156, p. 10
27. **La casa ecológica**  
*Yadira Block Sánchez*, No. 155, p. 16
28. **El verde en la Ciudad blanca**  
*Paula Buzo Zarzosa*, No. 152, p. 30
29. **Historias del subsuelo\***  
*Gertrudis Uruchurtu*, No. 150, p. 16
30. **Aguas profundas: crónica de un desastre anunciado\***  
*Gertrudis Uruchurtu*, No. 144, p. 10
31. **Rumbo a la cumbre de Cancún**  
*Antonio García Trejo*, No. 144, p. 16
32. **Los beneficios gratuitos de la naturaleza**  
*Sandra Pompa, Lourdes Martínez y Clementina Equihua*, No. 144, p. 30
33. **Hacia un cambio de paradigma energético**  
*Juan Manuel Valero*, No. 143, p. 22
34. **Cosecha de lluvia**  
*Miguel Ángel Hernández y María Luisa Santillán*, No. 142, p. 30
35. **Los ecosistemas desde el aire\***  
*Alberto Búrquez y Angelina Martínez-Yrizar*, No. 141, p. 16
36. **Ecosistemas: protección y restauración**  
*Patricia Manzano Fischer y Rurik List*, No. 140, p. 30
37. **¿Papel o plástico?\***  
*Benjamín Ruiz Loyola*, No. 138, p. 10
38. **PUMAGUA**  
*Fernando González Villarreal, Cecilia Lartigue Baca y Rafael Val Segura*, No. 138, p. 30
39. **¿Un día sin carne?**  
*Agustín López Munguía*, No. 136, p. 22
40. **Riqueza incomparable**



- Francisco Molina Freaner*, No. 136, p. 30
41. **Del país de las lenguas largas\***  
*Clementina Equihua Z. y Rodrigo A. Medellín*, No. 135, p. 30
42. **Los señores de las nubes**  
*Beata Kucienska*, No. 134, p. 16
43. **Vacas. Lo bueno y lo malo**  
*Miguel Rubio Godoy*, No. 134, p. 30
44. **Jardines submarinos**  
*Miguel Ángel Ruiz Zárate, Héctor Hernández Arana y Gabriela Georgina Nava Martínez*, No. 132, p. 30
45. **Laguna de las Ilusiones**  
*Francisco Cubas*, No. 129, p. 20
46. **El nuevo rostro de un coloso\***  
*Patricia Julio Miranda, Hugo Delgado y Lucio Cárdenas*, No. 126, p. 10
47. **Biogás: energía a partir de la basura**  
*Quetzalli Aguilar Virgen, Carolina Armijo de Vega y Paúl A. Taboada González*, No. 126, p. 22
48. **México y el cambio climático**  
*Guillermo Bermúdez y Martha Elena García*, No. 124, p. 16
49. **Los biocombustibles**  
*Wendy Espinoza de Aquino, Mónica Goddard Juárez, Claudia Gutiérrez Arellano y Consuelo Bonfil Sande*, No. 123, p. 10
50. **Galería de riquezas biológicas**  
*Ernesto Navarrete Arauza, Leticia Moyers Arévalo y Yesenia Jiménez*, No. 122, p. 30
51. **Un rayo de sol, un soplo de viento\***  
*Juan Tonda*, No. 121, p. 32
52. **Tocar fondo**  
*Erica Torrens*, No. 118, p. 20
53. **Esperanza ambiental: bacterias contra el poliuretano\***  
*Verónica Guerrero Mothelet*, No. 117, p. 10
54. **De colores**  
*Juan Carlos Martínez G.*, No. 116, p. 20
55. **Hierbas, flores... y rascacielos: los jardines elevados en Chicago**  
*Isabel S. Abrams*, No. 115, p. 22
56. **Un arca de Noé para las plantas**  
*Fabián Carvallo Vargas*, No. 114, p. 30
57. **Los herbarios: estampas de la naturaleza\***  
*Ricardo Balam Narváez y Rodrigo Duno de Stefano*, No. 112, p. 22
58. **Al rescate de la selva seca**  
*César A. Domínguez y Karina Boeger*, No. 110, p. 30
59. **Cambio climático, ¿qué sigue?\***  
*Jorge Zavala Hidalgo y Rosario Romero Centeno*, No. 109, p. 10
60. **Entre musgos**  
*Ismael Meixueiro*, No. 108, p. 20
61. **Al rescate del Río Magdalena**  
*Juan Tonda*, No. 107, p. 10
62. **Laboratorio vivo**  
*Ernesto Navarrete*, No. 106, p. 20
63. **Cataratas de Iguazú**

- Adrián Bodek*, No. 105, p. 20
64. **Hielo antártico**  
*Miguel Rubio Godoy*, No. 102, p. 30
65. **Delirio de color**  
*Natalia Marmasse*, No. 101, p. 20
66. **Pilas y baterías: un problema ambiental\***  
*Gertrudis Uruchurtu*, No. 100, p. 30
67. **Oro rojo: la grana cochinilla**  
*Ernesto Perea*, No. 94, p. 22
68. **Vegetación vulnerable**  
*María de Lourdes de la Isla*, No. 90, p. 22
69. **Agua, el recurso más valioso**  
*Verónica Guerrero Mothelet*, No. 88, p. 10
70. **Sierra gorda**  
*Elvia Moreno Posadas*, No. 88, p. 20
71. **Un bosque en medio del desierto**  
*Ek del Val de Gortari*, No. 87, p. 30
72. **De cómo se rescató un bosque**  
*Verónica Guerrero Mothelet*, No. 84, p. 10
73. **Enormidad arbórea**  
*Gloria Valek*, No. 83, p. 20
74. **La ría Deseado, única en Sudamérica**  
*Hilda Suárez y Alejandro Balbiano*, No. 81, p. 28
75. **El páramo: un ecosistema de altura**  
*Mauricio Salcedo*, No. 79, p. 29
76. **Los glaciares se derriten**  
*Laura Vargas Parada*, No. 76, p. 30
77. **La vida en el Namib**  
*Ek del Val de Gortari*, No. 74, p. 10
78. **Los Dinamos**  
*Gloria Valek*, No. 70, p. 20
79. **Corales en peligro**  
*Roberto Iglesias Prieto*, No. 62, p. 16
80. **Viaje a la selva misionera**  
*Hilda Suárez y Alejandro Balbiano*, No. 59, p. 22
81. **México, naturaleza viva**  
*Víctor M. Toledo y Fulvio Eccardi*, No. 56, p. 8
82. **Crónica desde Kyoto**  
*Rita Vázquez del Mercado*, No. 54, p. 8
83. **El agua como recurso\***  
*Marisa Mazari Hiriati*, No. 54, p. 10
84. **Los ecosistemas: la complejidad gota por gota**  
*Manuel Maass*, No. 54, p. 13
85. **Apta para todo público: agua potable**  
*Karla Peregrina*, No. 54, p. 17
86. **Desde las entrañas de la Tierra**  
*Luis Marín y Luis Felipe Brice*, No. 54, p. 20
87. **El regreso de las aguas perdidas**  
*Karla Peregrina*, No. 54, p. 24

88. **La asombrosa y triste historia de un proyecto acuático**  
*Gloria Valek*, No. 54, p. 28
89. **Entrevista con Benjamín Ruiz inspector de armas de la ONU**  
*Javier Cruz Mena*, No. 54, p. 32
90. **La dalia**  
*No disponible*, No. 40, p. 20
91. **Pantanos de Centla**  
*No disponible*, No. 23, p. 20
92. **El agua**  
*Guillermo Bermúdez*, No. 6, p. 22
93. **Más allá del efecto invernadero**  
*Miguel Ángel Rivera*, No. 5, p. 25
94. **¿Vale la pena cuidar el medio ambiente?**  
*Guillermo Bermúdez*, No. 3, p. 22
95. **Lluvia ácida\***  
*Jesús Valdés Martínez*, No. 1, p. 18

## ECONOMÍA

1. **Modelos económicos\***  
*Jorge Carreto*, No. 14, p. 17

## FÍSICA

1. **Tu cuerpo en microgravedad**  
*Alejandra E. Arreola Triana*, No. 210, p. 16
2. **Lo que el viento**  
*Carlos Hahn*, No. 201, p. 20
3. **Tecnología de la luz**  
*Sidney Perkowitz*, No. 200, p. 16
4. **Disipar las tinieblas**  
*Sidney Perkowitz*, No. 200, p. 18
5. **Galería de la luz**  
*¿Cómo ves?*, No. 200, p. 20
6. **El láser: una idea luminosa y versátil**  
*Sidney Perkowitz*, No. 200, p. 22
7. **Cómo te bajaré una estrella. Las celdas solares**  
*Juan Tonda Mazón*, No. 200, p. 30
8. **Ciencia de la complejidad**  
*Natalia Marmasse*, No. 199, p. 20
9. **Young y la naturaleza ondulatoria de la luz**  
*Daniel Martín Reina*, No. 198, p. 26
10. **Fusión nuclear, de las estrellas a la Tierra**  
*Daniel Martín Reina*, No. 190, p. 10
11. **Física, cerveza y burbujas: la cámara de Donald Glaser**  
*Daniel Martín Reina*, No. 189, p. 26
12. **La Bufadora**  
*Juan Antonio López*, No. 186, p. 22
13. **El dichoso bosón de Higgs**  
*Alberto Güijosa*, No. 172, p. 22
14. **Condiciones iniciales**  
*Sergio de Régules*, No. 172, p. 20

15. **Agujeros en el tiempo**  
*Daniel Martín Reina*, No. 165, p. 10
16. **Libertad de vibrar**  
*Elia Morales*, No. 163, p. 20
17. **Luz y conocimiento**  
*Joseph Wright*, No. 160, p. 20
18. **Antimateria, el otro lado del espejo**  
*Daniel Martín Reina*, No. 157, p. 10
19. **El problema de la longitud**  
*Daniel Martín Reina*, No. 145, p. 26
20. **Juego de sombras**  
*Dante Bucio*, No. 143, p. 20
21. **Lo que el ojo no vio\***  
*Beata Kucienska*, No. 140, p. 22
22. **Reflejos**  
*Dante Bucio*, No. 139, p. 20
23. **Ensalada con rayos gamma**  
*Gabriela Frías Villegas y David Venegas*, No. 130, p. 30
24. **Invisibilidad a la vista\***  
*Daniel Martín Reina*, No. 124, p. 10
25. **Recuerdos radiactivos**  
*Sergio de Régules*, No. 120, p. 22
26. **¿Son constantes las constantes de la naturaleza?**  
*Daniel Martín Reina*, No. 117, p. 30
27. **El Gran Colisionador de Hadrones**  
*Verónica Guerrero Mothelet*, No. 114, p. 10
28. **La física pende de una cuerda**  
*Daniel Martín Reina*, No. 108, p. 10
29. **Humanos en fuga. Física de las estampidas**  
*Luis Javier Plata Rosas*, No. 105, p. 16
30. **Sol de metal**  
*Sergio de Régules*, No. 99, p. 20
31. **Del rayo al microscopio electrónico**  
*Lydia Rivaud y Julia Tagüeña*, No. 98, p. 16
32. **La roca, la Luna y la manzana**  
*Sergio de Régules*, No. 94, p. 20
33. **El mundo de las cosas extrañas**  
*Shahen Hacyan*, No. 93, p. 22
34. **Emilie du Châtelet, apasionada intérprete de Newton**  
*Sergio de Régules*, No. 92, p. 22
35. **La física del fútbol\***  
*Julia Tagüeña y Jorge Flores*, No. 92, p. 31
36. **Cháchara cuántica y física cuántica**  
*Sergio de Régules*, No. 85, p. 16
37. **El reloj marca las ocho y cuarto**  
*Fernando Briseño Martínez*, No. 85, p. 32
38. **¿Partícula inmortal?\***  
*Daniel Martín Reina*, No. 84, p. 16
39. **Bulbos**

- Sergio de Régules*, No. 82, p. 20
40. **Naturaleza vestida de azul\***  
*Lydia Rivaud y Julia Tagüeña*, No. 82, p. 22
41. **Soy físico**  
*Miguel Alcubierre*, No. 78, p. 32
42. **De la botánica a la física atómica**  
*Horacio García Fernández*, No. 78, p. 18
43. **Física a toda velocidad: la teoría especial de la relatividad**  
*Daniel Martín Reina*, No. 78, p. 18
44. **Las cuitas cuánticas de Einstein**  
*Sergio de Régules*, No. 78, p. 22
45. **Ventana al Universo: la teoría general de la relatividad**  
*Francisco Noreña Villarías*, No. 78, p. 26
46. **Einstein: el ser humano**  
*Juan Tonda Mazón*, No. 78, p. 32
47. **Relámpagos**  
*Mariana Espinosa Aldama*, No. 76, p. 20
48. **La física al revés**  
*Karla Peregrina y Javier Cruz*, No. 75, p. 30
49. **A la caza del neutrino**  
*Daniel Martín Reina*, No. 74, p. 14
50. **Saber ver**  
*Sergio de Régules*, No. 74, p. 18
51. **La gravedad y el señor Knudsen**  
*Sergio de Régules*, No. 70, p. 16
52. **Ondas de espacio, ondas de tiempo\***  
*Miguel Alcubierre*, No. 68, p. 10
53. **El descubrimiento de la radiactividad**  
*Daniel Martín Reina*, No. 64, p. 30
54. **Un misterio que se abre de par en par**  
*Javier Cruz Mena*, No. 62, p. 30
55. **Cómo ganarse el Nobel de Medicina desde un columpio**  
*Javier Cruz Mena*, No. 61, p. 28
56. **Teletransportación cuántica**  
*Sergio de Régules*, No. 49, p. 10
57. **Nubes**  
*G.V.*, No. 47, p. 20
58. **De goles a goles\***  
*José Manuel Posada de la Concha*, No. 43, p. 16
59. **Alicia en el país de las aberraciones\***  
*Susana Biro*, No. 42, p. 22
60. **El huevo de Galileo**  
*Sergio de Régules*, No. 36, p. 22
61. **La pesadilla de la abuela**  
*Sergio de Régules*, No. 35, p. 16
62. **Un camino para la energía\***  
*Pablo Álvarez Watkins*, No. 29, p. 16
63. **Arcoiris**  
*No disponible*, No. 29, p. 20

64. **¿Se puede viajar más rápido que la luz?**  
*Miguel Alcubierre*, No. 26, p. 16
65. **100 años de física cuántica**  
*Luis Estrada*, No. 25, p. 16
66. **La aterradora liberación del átomo**  
*Horacio García Fernández*, No. 23, p. 26
67. **Caos: el desorden ordenado**  
*Sergio de Régules*, No. 22, p. 10
68. **Volver al futuro**  
*Sergio de Régules*, No. 20, p. 10
69. **El gato de Schrödinger**  
*Sergio de Régules*, No. 8, p. 12
70. **Racional en la clase de física, hasta que un día...**  
*Plinio Sosa*, No. 4, p. 12
71. **La física inútil\***  
*Ana María Sánchez Mora*, No. 2, p. 18

## GENÉTICA

1. **Células madre: el futuro que llegó**  
*María Emilia Beyer Ruiz*, No. 207, p. 8
2. **Moléculas y hormonas de la obesidad**  
*J. Cáceres, K. Aguilar, C. Bassol, M. E. Barrera, A. Sarro y E. Murillo*, No. 202, p. 22
3. **Las tentaciones de editar nuestro genoma**  
*Miguel Ángel Cevallos*, No. 200, p. 10
4. **Genética de lo humano**  
*Gertrudis Uruchurtu*, No. 169, p. 10
5. **¿Por qué envejecemos?\***  
*María Genoveva González-Morán*, No. 164, p. 30
6. **Atletas intersexuales; ¿hombre, mujer o quimera?**  
*Miguel Rubio Godoy*, No. 148, p. 30
7. **Diez años del genoma humano: promesas rotas y hallazgos inesperados\***  
*Araxi Urrutia Odabachian*, No. 146, p. 10
8. **El amor en los tiempos del Pleistoceno**  
*Alicia García Bergua*, No. 141, p. 10
9. **Biología sintética: la primera célula viva artificial**  
*Miguel Ángel Cevallos*, No. 140, p. 10
10. **El gen maestro y el don del lenguaje**  
*Miguel Ángel Cevallos*, No. 137, p. 10
11. **Epigenética, la esencia del cambio**  
*Verónica Guerrero Mothelet*, No. 133, p. 10
12. **Códigos de barras para identificar a los seres vivos**  
*Alejandro Ocegüera Figueroa y Virginia León-Régagnon*, No. 131, p. 10
13. **El cuidado de los genes**  
*Alejandra Ortiz Medrano*, No. 129, p. 16
14. **La medicina genómica: cómo interpretar el libro de la vida**  
*Verónica Guerrero Mothelet*, No. 92, p. 10
15. **Una historia de varones. Los oscuros presagios del cromosoma Y\***  
*Miguel Ángel Cevallos*, No. 67, p. 22
16. **Células troncales: la controversia\***  
*Verónica Guerrero Mothelet*, No. 62, p. 10

17. **Virus marinos. La otra cara de la moneda**  
*Elva Escobar Briones y Miguel Rubio Godoy, No. 47, p. 16*
18. **La evolución es cosa de tu cabeza**  
*Marcia Lachtermacher-Triunfol, No. 45, p. 30*
19. **El código verde de la vida**  
*Alejandro Covarrubias, Helena Porta y Miguel Ángel Cevallos, No. 29, p. 22*

#### **GEOGÍSICA**

1. **Labor trepidante**  
*Verónica Guerrero Mothelet, No. 129, p. 22*
2. **La Tierra: el gran imán**  
*Sergio Cuevas y Julia Tagüeña, No. 89, p. 28*
3. **El destierro de la viruela\***  
*Natalia Marmasse, No. 45, p. 20*
4. **El cráter de la muerte**  
*Tom Dieusaert, No. 34, p. 10*
5. **Antártida, continente consagrado a la ciencia**  
*Paulino Sabugal Fernández, No. 14, p. 22*
6. **El Everest: aventura, reto y ciencia**  
*Paulino Sabugal Fernández, No. 7, p. 22*
7. **El Popocatepetl: un volcán rigurosamente vigilado**  
*Laura Romero Mireles, No. 1, p. 10*

#### **GEOGRAFÍA**

1. **La corta e intensa vida del huracán Patricia**  
*Eugenia González del Castillo, No. 207, p. 16*
2. **El legado de las islas**  
*Ana Esperanza Marichal González, No. 191, p. 26*
3. **El mundo geométrico de Cristóbal Colón**  
*Diana Maya Padilla, No. 182, p. 26*
4. **La aventura de leer mapas**  
*Irma Beatriz García Rojas y Mercedes Chong Muñoz, No. 179, p. 16*
5. **Atlas Climático Digital de México\***  
*Agustín Fernández-Eguiarte, Rosario Romero-Centeno y Jorge Zavala-Hidalgo, No. 148, p. 22*
6. **Erupción en Islandia**  
*Sergio de Régules, No. 139, p. 16*
7. **La geografía del mundo vivo**  
*Pablo Gesundheit Montero, No. 139, p. 30*
8. **La sismología en el siglo XXI**  
*Sergio de Régules, No. 82, p. 16*
9. **Los continentes peregrinos\***  
*Roselia Medina Tínoco, No. 80, p. 26*
10. **El Chapopote, un nuevo tipo de volcán**  
*Verónica Guerrero Mothelet, No. 77, p. 16*
11. **Anatomía de la atmósfera**  
*Héctor Domínguez, No. 71, p. 22*
12. **Huracanes a escena\***  
*Karla Peregrina, No. 70, p. 10*
13. **Crónica de un recorrido ardiente**

*Gloria Valek*, No. 69, p. 28

14. **La línea del cambio de fecha**

*Sergio de Régules*, No. 52, p. 22

15. **El mundo no es como lo pintan: mentiras y verdades de un mapa\***

*Sergio de Régules*, No. 39, p. 10

16. **Tectónica de placas**

*Sergio de Régules*, No. 13, p. 30

17. **Navegación\***

*Sergio de Régules*, No. 11, p. 22

## **GEOLOGÍA**

1. **Hay ojos...**

*Tsvetina Tsekova*, No. 194, p. 20

2. **La cañada del Botaccione: tesoro de la geología**

*Sergio de Régules*, No. 193, p. 10

3. **Al rojo vivo**

*Elí García Padilla*, No. 164, p. 20

4. **Tierras raras: los elementos ignorados**

*Gertrudis Uruchurtu*, No. 159, p. 16

5. **Revelaciones de una cueva\***

*Juan Pablo Bernal y Gertrudis Uruchurtu*, No. 155, p. 10

6. **Vostok, ¿puerta al pasado de la vida?**

*Alejandro Aguilar Sierra*, No. 153, p. 16

7. **Piedra artificial**

*Mayang Adnin y William Smith*, No. 146, p. 20

8. **Cabello de Pele**

*Dorian Weisel*, No. 144, p. 20

9. **Agua pasada**

*Ernesto Navarrete*, No. 142, p. 20

10. **La Tierra al desnudo**

*Jaime Urrutia Fucugauchi y Ligia Pérez Cruz*, No. 132, p. 22

11. **Hidalgo bajo el mar\***

*Carlos Esquivel Macías, Víctor Manuel Bravo Cuevas y Katia Adriana González Rodríguez*, No. 131, p. 22

12. **Hierve el agua**

*Julio Caballero y Ernesto Navarrete*, No. 130, p. 20

13. **Los climas del pasado**

*Rosalía Guerrero Arenas y Eduardo Jiménez Hidalgo*, No. 128, p. 22

14. **Las enfermedades del pasado**

*Raúl Gío-Argáez y Catalina Gómez Espinosa*, No. 125, p. 22

15. **Nada es para siempre: la extinción biológica**

*Rosalía Guerrero, Eduardo Jiménez y Guillermo Guerrero*, No. 123, p. 22

16. **Nuestro patrimonio geológico**

*Rosalía Guerrero Arenas y Eduardo Jiménez Hidalgo*, No. 116, p. 30

17. **El Mar Muerto**

*Natalia Marmasse*, No. 104, p. 29

18. **El Chichonal: a 25 años de la erupción\***

*Trinidad Alemán Santillán*, No. 102, p. 16

19. **Cómo se calculó la edad de la Tierra.**

*Gertrudis Uruchurtu*, No. 98, p. 26



20. **Plantas callejeras**  
*Antonio Ortiz, No. 66, p. 20*
21. **Citlaltépetl**  
*I.M., No. 60, p. 20*
22. **Ha nacido una roca**  
*Jorge Wagensberg, No. 60, p. 28*
23. **Glaciares**  
*Gloria Valek, No. 55, p. 20*
24. **Ángel de la Guarda**  
*G.V., No. 48, p. 20*
25. **Dunas**  
*G.V., No. 41, p. 20*
26. **El Nevado de Toluca**  
*G.V., No. 35, p. 20*
27. **Riqueza en las rocas**  
*No disponible, No. 21, p. 20*
28. **Mundo ardiente**  
*G. V., No. 15, p. 20*
29. **Las cataratas del Niágara**  
*Concepción Salcedo, No. 12, p. 20*

#### HISTORIA DE LA CIENCIA

1. **Un escritor y un biólogo en el Mar de Cortés**  
*Luis Javier Plata Rosas, No. 212, p. 16*
2. **La parasitología en el siglo XXI**  
*Miguel Rubio-Godoy, No. 212, p. 24*
3. **La transmutación del Doctor Urstoff**  
*Plinio Sosa Fernández, No. 211, p. 16*
4. **Ada Lovelace. Visionaria de la computación**  
*Daniel Martín Reina, No. 209, p. 16*
5. **El inodoro del siglo XXI**  
*María del Carmen Climént Palmer, No. 206, p. 8*
6. **Nuevo mundo**  
*Paul Schulte, No. 206, p. 20*
7. **Hedy Lamarr, pionera de las telecomunicaciones**  
*Daniel Martín Reina, No. 206, p. 24*
8. **Cien años de la teoría general de la relatividad**  
*Sergio de Régules, No. 204, p. 10*
9. **Leviatán y las espirales**  
*Susana Biro, No. 204, p. 26*
10. **Poincaré y la teoría del caos**  
*Daniel Martín Reina, No. 202, p. 26*
11. **Noticias curiosas del siglo XVIII**  
*Rosa Brambila Paz y Eduardo Thomas Téllez, No. 201, p. 26*
12. **Henry Moseley**  
*Daniel Martín Reina, No. 200, p. 26*
13. **Ballenas, bandidos y huevos de dinosaurios**  
*Luis Javier Plata Rosas, No. 197, p. 26*
14. **La Sociedad Max Planck de Alemania**  
*David Levine, No. 194, p. 16*

15. **Así fue...Henry Stommel, precursor de la oceanografía dinámica**  
*Luis Javier Plata Rosas*, No. 190, p. 26
16. **Ojos que no ven, datos que no mienten: los estudios doble ciego**  
*Jonathan Cueto Escobedo*, No. 187, p. 22
17. **El legado de un hombre poco común: Arturo Rosenblueth**  
*Gloria Valek*, No. 187, p. 26
18. **Mijaíl Lomonósov, fundador de la ciencia rusa**  
*Daniel Martín Reina*, No. 186, p. 26
19. **El documental científico**  
*Andrés Cota Hiriart*, No. 185, p. 16
20. **Un clásico de la ciencia. Iván P. Pavlov**  
*Gloria Valek*, No. 181, p. 26
21. **Al vuelo**  
*Jesús Ávila*, No. 180, p. 20
22. **Herón, el ingeniero de Alejandría**  
*Daniel Martín Reina*, No. 180, p. 26
23. **Las luces**  
*¿Cómo ves?*, No. 179, p. 20
24. **Harald Sverdrup, padre de la oceanografía física moderna**  
*Luis Javier Plata Rosas*, No. 179, p. 26
25. **El proyecto de Emily**  
*Ulises Solís Hernández*, No. 178, p. 26
26. **Michael Faraday, una fuerza de la naturaleza**  
*Daniel Martín Reina*, No. 177, p. 26
27. **Los Premios Balzan**  
*David Levine*, No. 176, p. 16
28. **Mary Somerville: pasión por la ciencia**  
*Érika Roldán Roa*, No. 175, p. 26
29. **Las aventuras de Auguste Piccard**  
*Daniel Martín Reina*, No. 172, p. 16
30. **El caso de los neutrinos imposibles**  
*Sergio de Régules*, No. 171, p. 26
31. **Los números que conquistaron el mundo**  
*Santiago A. Palmas.*, No. 167, p. 16
32. **Stephen Jay Gould**  
*Alejandro Ocegueda Figueroa*, No. 166, p. 26
33. **Lynn Margulis. La vocera del microcosmos**  
*Martha S. Esparza Soria, Eréndira Álvarez Pérez y Ricardo Noguera Solano*, No. 160, p. 22
34. **La familia Belville\***  
*Daniel Martín Reina*, No. 160, p. 26
35. **Tycho Brahe, excéntrico hasta la muerte**  
*Sergio de Régules*, No. 159, p. 26
36. **Elogio a un cerebro centenario: Rita Levi-Montalcini\***  
*Gertrudis Uruchurtu*, No. 158, p. 22
37. **Cómo disolver un Premio Nobel**  
*Gertrudis Uruchurtu*, No. 157, p. 34
38. **Scheele, el placer de descubrir**  
*Daniel Martín Reina*, No. 156, p. 26
39. **El descubrimiento del núcleo**

- Daniel Martín Reina*, No. 155, p. 26
40. **Las travesías del capitán Cook**  
*Gloria Valek*, No. 154, p. 26
41. **Las doce velas**  
*Carlos Guevara Casas*, No. 145, p. 10
42. **Ciencia muerta**  
*Sergio de Régules*, No. 144, p. 22
43. **José Mariano Mociño, nuestro primer botánico moderno**  
*Gloria Valek*, No. 142, p. 26
44. **En busca del metro**  
*Daniel Martín Reina*, No. 140, p. 26
45. **Claroscuros de la anatomía Los orígenes de la exploración del cuerpo humano por la medicina**  
*Ulises Solís Hernández*, No. 139, p. 26
46. **El Club del Uranio**  
*Daniel Martín Reina*, No. 138, p. 26
47. **Sir Christopher Wren, el arquitecto de Londres**  
*Gloria Valek*, No. 137, p. 26
48. **Un botánico francés en América**  
*Gloria Valek*, No. 135, p. 26
49. **El abuelo de la evolución: Erasmus Darwin**  
*Gabriela Frías, Silvia Piñera y David Venegas*, No. 134, p. 26
50. **La huella de los astros**  
*Daniel Martín Reina*, No. 132, p. 26
51. **Ettore Majorana y el arte de desaparecer**  
*Juan Nepote*, No. 131, p. 26
52. **Marie Curie: guerrera silenciosa\***  
*Beata Kucienska*, No. 130, p. 26
53. **Henry Cavendish: la mente genial de un hombre extraño**  
*Gertrudis Uruchurtu*, No. 129, p. 26
54. **Darwin en Cambridge\***  
*Gloria Valek*, No. 128, p. 26
55. **Las aficiones ocultas de Newton**  
*Daniel Martín Reina*, No. 127, p. 26
56. **Carta del Cielo**  
*Rolando Ísita*, No. 124, p. 22
57. **El consejero de la reina**  
*Gabriela Frías Villegas*, No. 124, p. 26
58. **El mensajero sideral**  
*Héctor Domínguez*, No. 123, p. 26
59. **Una correspondencia excepcional**  
*Gabriela Frías Villegas*, No. 122, p. 26
60. **William Harvey**  
*Gloria Valek*, No. 121, p. 16
61. **El hombre que domó el rayo**  
*Daniel Martín Reina*, No. 120, p. 26
62. **La azarosa historia del Proyecto del Genoma Humano**  
*Horacio García Fernández*, No. 119, p. 26
63. **El gabinete de curiosidades naturales de Albertus Seba**

- Gloria Valek*, No. 118, p. 26
64. **Fuego en el cielo: el suceso de Tunguska**  
*Daniel Martín Reina*, No. 116, p. 26
65. **La cabellera de Beethoven**  
*María Emilia Beyer*, No. 114, p. 17
66. **José Ignacio Bartolache: de divulgador a secretario de Estado**  
*Libia E. Barajas Mariscal y Gertrudis Uruchurtu*, No. 112, p. 26
67. **Cómo se descubrieron las alergias**  
*Yadira Palacios Rodríguez*, No. 110, p. 26
68. **Alzate, el sabio criollo**  
*Libia Barajas Mariscal y Aline Guevara*, No. 108, p. 26
69. **Lavoisier, el partero de la química**  
*Horacio García Fernández*, No. 107, p. 26
70. **Carlos Linneo, el príncipe de las botánicas**  
*Gloria Valek*, No. 105, p. 26
71. **Jean-Baptiste Lamarck: la perseverancia de un naturalista**  
*Laura Elena Reyes Mijares*, No. 104, p. 26
72. **Newton vs. Leibniz**  
*Daniel Martín Reina*, No. 103, p. 26
73. **El socorrido mapa de Gerardus Mercator**  
*Sergio de Régules*, No. 101, p. 26
74. **Pasado y presente en Alejandría**  
*Gloria Valek*, No. 100, p. 26
75. **El comienzo de la oceanografía: la expedición del H.M.S. Challenger**  
*Ana Esperanza Marichal González*, No. 99, p. 26
76. **Enrico Martínez contra las aguas del Valle de México\***  
*Gloria Valek*, No. 96, p. 25
77. **El deportista del aire**  
*José de la Herrán*, No. 95, p. 26
78. **Larga vida**  
*Isabelle Marmasse*, No. 93, p. 20
79. **El soñador en el cerezo\***  
*Sergio de Régules*, No. 90, p. 26
80. **La esencia del Observatorio Real de Greenwich**  
*Gloria Valek*, No. 89, p. 16
81. **Reporteros gráficos en el siglo XVIII\***  
*María del Carmen Hidalgo Rodríguez*, No. 88, p. 26
82. **El insólito matemático Nicolas Bourbaki\***  
*Gabriela Frías Villegas*, No. 87, p. 22
83. **De anteojos y artefactos para ver más y mejor**  
*Gertrudis Uruchurtu*, No. 86, p. 26
84. **Julio Verne: el nacimiento de un nuevo género literario\***  
*Horacio García Fernández*, No. 85, p. 26
85. **La excavación del Canal de Suez**  
*Gloria Valek*, No. 84, p. 26
86. **El capitán y el naturalista**  
*José Manuel García Ortega*, No. 83, p. 22
87. **El inquieto Edmund Halley**  
*Horacio García Fernández*, No. 82, p. 26

88. **Dimitri Mendeléiev: el orden oculto de la materia\***  
*Gertrudis Uruchurtu*, No. 81, p. 22
89. **El descubrimiento de la insulina**  
*Rosa María Hernández García*, No. 79, p. 26
90. **La conquista del dolor\***  
*Gerardo Gálvez Correa*, No. 76, p. 26
91. **Historia del pulque**  
*Ernesto Perea*, No. 75, p. 26
92. **Leonardo da Vinci: la obsesión por volar\***  
*Atenahys Castro y Adriana Elisa Espinosa*, No. 74, p. 26
93. **El premio Nobel que nunca existió.**  
*Concepción Ruiz Ruiz-Funes*, No. 73, p. 26
94. **Del cacao al chocolate: historia de un manjar**  
*María Emilia Beyer Ruíz*, No. 72, p. 26
95. **El péndulo maravilloso\***  
*Luis O. Manuel*, No. 71, p. 26
96. **El monopolio magnético, una búsqueda que no termina**  
*Daniel Martín Reina*, No. 70, p. 26
97. **Aventuras y desventuras de un lobo de mar francés**  
*Isabelle Marmasse*, No. 69, p. 22
98. **Toluca, un meteorito férreo excepcional**  
*Fernando Salinas Amescua*, No. 68, p. 28
99. **Un invento mexicano que revolucionó al mundo**  
*Lilia Miramontes Vidal*, No. 67, p. 16
100. **Científicos en efectivo**  
*Jesús Barbosa Reyes*, No. 66, p. 29
101. **De los códigos al laboratorio**  
*Consuelo Cuevas Cardona*, No. 65, p. 18
102. **Autorretrato del Universo**  
*Susana Biro*, No. 63, p. 16
103. **El increíble Robert Hooke**  
*Ildu Moreira y Luisa Massarani*, No. 62, p. 26
104. **Centenario de los hermanos Wright, pioneros de la aviación\***  
*José de la Herrán*, No. 61, p. 16
105. **El surgimiento del cine, producto y herramienta de la ciencia**  
*Gloria Valek*, No. 60, p. 30
106. **El cerebro de Einstein\***  
*María Emilia Beyer*, No. 59, p. 27
107. **El bombardeo de Nagasaki**  
*Horacio García Fernández*, No. 57, p. 30
108. **Lo bueno, lo malo y lo feo, entre los científicos**  
*Horacio García Fernández*, No. 56, p. 30
109. **Hipatia de Alejandría\***  
*Luci Cruz Wilson*, No. 55, p. 26
110. **50 años de la doble hélice, la molécula más bella del mundo**  
*Martín Bonfil Olivera*, No. 53, p. 10
111. **En nombre de la paz... guerra**  
*Horacio García Fernández*, No. 53, p. 22
112. **El hombre invisible para el Comité Nobel**

- Horacio García Fernández*, No. 52, p. 26
113. **La influenza de las estrellas. Breve historia de la gripe**  
*Miguel Ángel Cevallos*, No. 51, p. 10
114. **Edward Jenner y la primera vacuna**  
*Horacio García Fernández*, No. 50, p. 18
115. **Rescatando al capitán Scott**  
*Gloria Valek*, No. 49, p. 30
116. **¿Coser y cantar?**  
*Ana María Sánchez Mora*, No. 46, p. 26
117. **La ciencia por correspondencia**  
*Susana Biro*, No. 41, p. 26
118. **¿Método? ¿Cuál método?**  
*Sergio de Régules*, No. 40, p. 22
119. **Enciclopediomanía**  
*Susana Biro*, No. 38, p. 30
120. **El camino al descubrimiento del ADN**  
*Rolando Ísita Tornell*, No. 37, p. 31
121. **La conmovedora historia de los Castrati**  
*Gerardo Gálvez Correa*, No. 36, p. 26
122. **Dígalo con gráficas**  
*Susana Biro*, No. 35, p. 26
123. **La revolución científica**  
*Susana Biro*, No. 34, p. 26
124. **La historia de los zepelines**  
*Gloria Valek*, No. 33, p. 26
125. **Resistencia: la expedición antártica de Sir Ernest Shackleton.**  
*Sergio de Régules*, No. 32, p. 26
126. **Historia de una injusticia**  
*Rolando Ísita*, No. 31, p. 26
127. **Una anécdota paleontológica**  
*Consuelo Cuevas Cardona*, No. 30, p. 22
128. **Los engranes del cielo**  
*Susana Biro*, No. 29, p. 26
129. **El pequeño ritual frente al lavabo**  
*Gerardo Gálvez Correa*, No. 28, p. 26
130. **Santiago Ramón y Cajal: el patriarca de las neurociencias**  
*Jalil Saab*, No. 27, p. 26
131. **Una velada con Stephen Hawking.**  
*Gloria Valek*, No. 26, p. 26
132. **El tiempo en su justa precisión**  
*Antonio Sarmiento Galán*, No. 26, p. 30
133. **El Laboratorio Cavendish**  
*Gloria Valek*, No. 22, p. 26
134. **El hombre que acercó las estrellas**  
*Gabriel Nagore*, No. 21, p. 26
135. **Historias de la ciencia y su aplicación**  
*Jalil Saab*, No. 20, p. 26
136. **George Gamow y Salvador Dalí: vidas paralelas**  
*Iliana Olmedo y Rodrigo Azaola*, No. 19, p. 26

137. **Nuestro pasado científico**  
*Consuelo Cuevas Cardona*, No. 18, p. 26
138. **El paso del tiempo**  
*Sergio de Régules*, No. 18, p. 20
139. **Un triunfo de las ideas sobre las armas**  
*José Antonio Chamizo Guerrero*, No. 17, p. 24
140. **La buena fortuna de Alexander Fleming**  
*Agustín López Munguía*, No. 16, p. 26
141. **Alejandro de Humboldt, el verdadero descubridor de América**  
*Gloria Valek*, No. 15, p. 26
142. **Galileo, de la ciencia al arte**  
*Norma Ávila Jiménez*, No. 14, p. 26
143. **La vida y muerte de Évariste Galois**  
, No. 13, p. 28
144. **Alfred R. Wallace, el olvidado**  
, No. 12, p. 28
145. **La peste ayer y hoy\***  
*Miguel Ángel Cevallos*, No. 12, p. 22
146. **La fuerza vital de Berzelius**  
, No. 11, p. 26
147. **Los amores de Marie Curie**  
*Horacio García Fernández*, No. 9, p. 12
148. **Y se hizo la luz...eléctrica**  
*José de la Herrán y José Franco*, No. 3, p. 12

#### INGENIERÍA

1. **Arne Beurling**  
*Gloria Valek*, No. 203, p. 26
2. **El puente de Yaxchilán**  
*Horacio Ramírez de Alba, Lorena Manjarrez Garduño y Judith Pérez Morales*, No. 39, p. 26

#### MATEMÁTICAS

1. **Objetos idénticos**  
*¿Cómo ves?*, No. 209, p. 20
2. **De gráficas e historias\***  
*Gabriela Buendía Ávalos*, No. 203, p. 16
3. **La ciencia que precede a la tormenta**  
*Guillermo Cárdenas Guzmán*, No. 191, p. 10
4. **Las reglas del razonamiento**  
*Luis Fernando Cuevas Remigio*, No. 191, p. 30
5. **La estadística, el azar y otras sorpresa**  
*Ignacio Barradas y Eloísa Díaz-Francés*, No. 180, p. 22
6. **Cuasicristales. Mosaicos y matemáticas**  
*Luis Fernando Arenas Martínez y José Sandoval Cortés*, No. 176, p. 26
7. **Los modelos del cambio climático**  
*Guillermo Murray Tortarolo y Guillermo Murray Prisant*, No. 173, p. 16
8. **Creciente evidencia**  
*Natalia Marmasse*, No. 170, p. 20
9. **Los números de Mersenne**  
*Sergio de Régules*, No. 170, p. 26

10. **Geometría corporal**  
*I.M./ S.R.*, No. 169, p. 20
11. **¡No se me dan las matemáticas!**  
*Mario Sánchez Aguilar*, No. 153, p. 30
12. **Los Bernoulli\***  
*Daniel Martín Reina*, No. 136, p. 26
13. **El error del pavo**  
*Sergio de Régules*, No. 133, p. 22
14. **Srinivasa Ramanujan, genio de las matemáticas**  
*Gabriela Frías Villegas*, No. 117, p. 26
15. **Emmy Noether, la matemática genial**  
*Gabriela Frías Villegas*, No. 114, p. 26
16. **Arquímedes\***  
*Daniel Martín Reina*, No. 113, p. 26
17. **La conjetura de Kepler**  
*Daniel Martín Reina*, No. 111, p. 22
18. **Yuri Gagarin: la vuelta al mundo en 108 minutos**  
*Minerva Salado*, No. 94, p. 26
19. **Pitágoras, un genio desconcertante**  
*Daniel Martín Reina*, No. 91, p. 26
20. **El cuento de nunca acabar**  
*Irving Roffe*, No. 90, p. 30
21. **Criptografía cuántica**  
*Daniel Martín Reina*, No. 88, p. 30
22. **Palíndromos y capicúas**  
*Aldo Iván Ramírez Orozco*, No. 80, p. 17
23. **El último examen del viejo Euclides**  
*Juan Manuel Ruisánchez Serra*, No. 79, p. 16
24. **Verdadero y falso, y todo lo contrario**  
*Claudia Hernández García*, No. 77, p. 22
25. **La cuadratura del círculo\***  
*Daniel Martín Reina*, No. 75, p. 16
26. **Números de buena familia**  
*Jorge Wagensberg*, No. 72, p. 16
27. **Salvados por la enormidad**  
*Jorge Wagensberg*, No. 62, p. 22
28. **Mensajes secretos**  
*Daniel Martín Reina*, No. 59, p. 10
29. **El león no es como lo pintan**  
*Ignacio Barradas*, No. 59, p. 30
30.  **$\pi$ , un viejo desconocido**  
*Claudia Hernández García*, No. 58, p. 30
31. **Los problemas de Fermi**  
*Daniel Martín Reina*, No. 56, p. 22
32. **Los peligros del innumerismo**  
*Sergio de Régules*, No. 53, p. 18
33. **La música y los números**  
*Jesús Cuevas Cardona*, No. 52, p. 16
34. **La banda de Moebius**



*Daniel Martín Reina*, No. 50, p. 26

35. **El oído calculador**

*Jesús Cuevas Cardona*, No. 47, p. 10

36. **Carta desde Varsovia, una ciudad matemática**

*Juan Manuel Ruisánchez Serra*, No. 44, p. 22

37. **Los verdaderos viajes de Cristóbal Colón**

*Juan Manuel Ruisánchez*, No. 35, p. 22

38. **Un paseo por las matemáticas\***

*Concepción Ruiz y Sergio de Régules*, No. 33, p. 16

39. **Matemáticas por correo**

*Jesús Barbosa Reyes*, No. 32, p. 16

40. **Los cinco del carpintero**

*Héctor Flores Cantú*, No. 31, p. 30

41. **El Gran Hotel Cantor: un hotel infinito**

*Juan Manuel Ruisánchez Serra*, No. 29, p. 30

42. **La distancia al horizonte**

*Verónica Bunge y Carlos Bunge*, No. 28, p. 22

43. **Matemáticas y letras\***

*Emanuel S. Torres Martínez*, No. 27, p. 30

44. **El discreto encanto de las matemáticas**

, No. 25, p. 30

45. **La magia y las matemáticas**

*Ignacio Barradas*, No. 19, p. 10

46. **El último teorema de Fermat**

*Carlos Prieto*, No. 18, p. 16

47. **La estadística, ¿herramienta confiable?\***

*Martha María Téllez-Rojo y Salvador Zamora Muñoz*, No. 16, p. 22

48. **Al infinito y más allá...**

*Sergio de Régules*, No. 15, p. 30

49. **Funciones matemáticas, ¿con qué se comen?**

*Ignacio Barradas*, No. 10, p. 12

50. **Fractales**

*Gabino Pacheco*, No. 8, p. 16

51. **Las matemáticas del antiguo Egipto\***

*Ignacio Barradas*, No. 7, p. 12

52. **La cuenta de los años ¿Cuándo comienza el milenio?**

*Carlos Prieto*, No. 6, p. 19

53. **Simetría**

*Jesús Valdés Martínez*, No. 4, p. 16

54. **El mosaico de Penrose**

*Desconocido*, No. 1, p. 16

## MEDICINA

1. **El sueño del aprendiz**

*Julio César Urbina Orantes*, No. 213, p. 30

2. **Las lesiones cerebrales en el fútbol**

*Sidney Perkowitz*, No. 211, p. 8

3. **Marihuana medicinal**

*Jorge Benjamín Ruiz Gutiérrez y Benjamín Ruiz Loyola*, No. 209, p. 8

4. **El error de Steve Jobs o el prejuicio contra los medicamentos**

*Cynthia Fernández Pomares y Jonathan Cueto Escobedo*, No. 199, p. 22

5. **La ciencia contra el cáncer**  
*David Levine*, No. 197, p. 22
6. **Ébola: retrato de una epidemia**  
*Miguel Ángel Cevallos*, No. 194, p. 10
7. **Abraham Lincoln: una extraña apariencia por un síndrome inusual**  
*Gloria Valek y Sergio de Régules*, No. 192, p. 28
8. **La semilla del aprendizaje**  
*Julio César Urbina Orantes*, No. 192, p. 30
9. **La metamorfosis científica del fútbol**  
*José Luis Meza de la Rosa*, No. 187, p. 16
10. **Ciencias forenses, conocimiento para la justicia**  
*Guillermo Cárdenas Guzmán*, No. 184, p. 16
11. **Para verte mejor: el cuerpo por dentro**  
*Gertrudis Uruchurtu*, No. 181, p. 10
12. **¿El fin de la cisticercosis?**  
*Guillermo Cárdenas Guzmán*, No. 174, p. 10
13. **En busca de la residencia del alma**  
*Gertrudis Uruchurtu*, No. 174, p. 26
14. **Una vitamina que no es vitamina**  
*Ramiro José González Duarte*, No. 174, p. 30
15. **Síndrome de Tourette: enfermedad de movimientos extraños y groserías**  
*Eduardo Thomas*, No. 170, p. 16
16. **El microbioma humano**  
*Guillermo Cárdenas Guzmán*, No. 167, p. 10
17. **El camino a las percepciones**  
*Verónica Guerrero Mothelet*, No. 164, p. 10
18. **Ansiedad tormentosa: el trastorno obsesivo compulsivo**  
*Eduardo Thomas*, No. 163, p. 32
19. **Transgénicos. Un debate abierto**  
*Gertrudis Uruchurtu*, No. 156, p. 30
20. **Alto al dolor**  
*Verónica Guerrero Mothelet*, No. 150, p. 10
21. **Philippe Pinel pionero de la psiquiatría**  
*Laura Padilla Hernández*, No. 150, p. 26
22. **Mapas de navegación de uso diario**  
*Elián Gómez-Azcárate Renero*, No. 131, p. 30
23. **El cerebro maleable**  
*Alicia García Bergua*, No. 118, p. 10
24. **La psiquiatría hoy**  
*Eduardo Thomas*, No. 115, p. 30
25. **Un viaje sangriento**  
*Ana María Sosa*, No. 111, p. 30
26. **Farmacovigilancia: tras las pistas de los medicamentos**  
*Guillermo Bermúdez y Martha Elena García*, No. 108, p. 30
27. **De la selva a la farmacia**  
*Gertrudis Uruchurtu*, No. 99, p. 30

## **PALEONTOLOGÍA**

1. **El Jardín de Ediacara**

<p><i>Angel Eduardo Herrera Mares, No. 213, p. 24</i></p> <p>2. <b>Huellas y rastros fósiles</b> <i>Raúl Gío-Argáez, Catalina Gómez Espinosa y Brenda Martínez Villa, No. 166, p. 10</i></p> <p>3. <b>Microfósiles: pequeños testigos del pasado*</b> <i>Rosalía Guerrero Arenas, No. 108, p. 22</i></p> <p>4. <b>Dinosaurios con plumas*</b> <i>Marisol Montellano Ballesteros, No. 79, p. 10</i></p> <p>5. <b>Tras la huella delatora</b> <i>Raúl Gío-Argáez y Catalina Gómez-Espinosa, No. 71, p. 10</i></p> <p>6. <b>Huesos</b> <i>María Zink, No. 67, p. 20</i></p> <p>7. <b>Dinosaurios en Sonora</b> <i>Libia Barajas, No. 33, p. 22</i></p> <p>8. <b>El Museo de Acervo Paleontológico</b> <i>Adriana Malvido, No. 19, p. 8</i></p>
<b>PSICOLOGÍA</b>
<p>1. <b>El amor moldea cerebros</b> <i>Fabiola Murguía Flores y Guillermo Murray Prisant, No. 210, p. 24</i></p> <p>2. <b>Delirium, el cerebro perturbado</b> <i>Eduardo Thomas y Claudia Hernández, No. 204, p. 22</i></p> <p>3. <b>El que busca encuentra</b> <i>Marco Guarneros, Robyn Hudson y Marcos Rosetti, No. 202, p. 30</i></p> <p>4. <b>Cerebro y emociones: ¿podemos elegir qué sentir?</b> <i>Verónica Guerrero Mothelet, No. 196, p. 10</i></p> <p>5. <b>La banalidad del mal: dos experimentos históricos</b> <i>Sergio de Régules, No. 184, p. 26</i></p> <p>6. <b>Las imágenes mentales</b> <i>Luis Fernando Cuevas Remigio, No. 175, p. 16</i></p> <p>7. <b>Psicología del apego*</b> <i>Verónica Guerrero Mothelet, No. 157, p. 22</i></p> <p>8. <b>El estrés</b> <i>Omar Torreblanca, No. 26, p. 10</i></p> <p>9. <b>El ajedrez*</b> <i>Héctor M. González Puente, No. 20, p. 30</i></p> <p>10. <b>Cuenta hasta 10</b> <i>Gloria Ornelas, No. 17, p. 30</i></p>
<b>SALUD</b>
<p>1. <b>Zika y olimpiadas: ¿la salud en juego?</b> <i>Guillermo Cárdenas Guzmán, No. 213, p. 8</i></p> <p>2. <b>Allegro ma non troppo La importancia de las flatulencias</b> <i>Gerardo Muñoz Montoya, No. 209, p. 30</i></p> <p>3. <b>Zika, los mosquitos vuelven a la carga</b> <i>Rodrigo Isafías León Villegas, No. 208, p. 8</i></p> <p>4. <b>Chikunguña: ¿la próxima pandemia?</b> <i>Rodrigo Isafías León Villegas, No. 203, p. 22</i></p> <p>5. <b>La chinche y el parásito</b> <i>Rodrigo Isafías León Villegas, No. 198, p. 30</i></p> <p>6. <b>Enfermedades emergentes y cambio climático</b></p>

- Guillermo Murray Tortarolo y Guillermo Murray Prisant, No. 192, p. 16*
7. **Para la esquizofrenia, ¿nueva psiquiatría?**  
*Eduardo Thomas, No. 186, p. 16*
  8. **Viajar vacunado es viajar seguro**  
*Dulce Adelaida Rivera Ávila, No. 186, p. 30*
  9. **La risa en serio**  
*Juan Tonda, No. 181, p. 22*
  10. **Una aventura de sexo y ciencia**  
*Pere Estupinyá, No. 180, p. 10*
  11. **Dormir: por qué y para qué\***  
*Gertrudis Uruchurtu, No. 178, p. 16*
  12. **El cerebro adicto**  
*Verónica Guerrero Mothelet, No. 177, p. 10*
  13. **Pequeña delicia**  
*Arturo Orta, No. 176, p. 20*
  14. **El queso: un consorcio microbiano\***  
*Gertrudis Uruchurtu, No. 163, p. 22*
  15. **La genética del olfato**  
*Alejandro Ocegüera, No. 162, p. 30*
  16. **Neurocisticercosis, una enfermedad persistente**  
*Alejandra López Nazareo, No. 159, p. 30*
  17. **Sarampión en corto\***  
*Miguel Ángel Cevallos, No. 156, p. 22*
  18. **La nueva epidemia: los pepinos, presuntos culpables**  
*Miguel Ángel Cevallos y José Luis Puente, No. 154, p. 10*
  19. **Electrochoques, ¿para qué?**  
*Eduardo Thomas, No. 154, p. 22*
  20. **Spirulina, un alimento del pasado ¿para el futuro?\***  
*Oscar Iván Luqueño Bocado, Marco Antonio Juárez Oropeza y Patricia Victoria Torres Durán, No. 154, p. 30*
  21. **Henrietta, la inmortal**  
*José Antonio Ibarra García, No. 152, p. 16*
  22. **Estrés: ¿qué pasa si es excesivo?**  
*Verónica Guerrero Mothelet, No. 151, p. 10*
  23. **Los productos “milagro”: ni placebo ni panacea, sólo fraude**  
*Guillermo Cárdenas Guzmán, No. 149, p. 10*
  24. **Relaciones peligrosas con la comida**  
*Verónica Guerrero Mothelet, No. 148, p. 10*
  25. **La maldición de Ondina**  
*Consuelo Morgado-Valle y Luis Beltrán-Parrázal, No. 146, p. 22*
  26. **Marea roja. Los riesgos de comer mariscos\***  
*Coral Leyva Hernández y Laura Vargas-Parada, No. 137, p. 30*
  27. **Ánimo fuera de control: el trastorno bipolar**  
*Eduardo Thomas, No. 135, p. 10*
  28. **Territorio personal**  
*Ernesto Navarrete, No. 135, p. 20*
  29. **Las hormonas sexuales: más allá del sexo**  
*Ignacio Camacho-Arroyo, No. 134, p. 10*
  30. **La química del cariño\***

- Gertrudis Uruchurtu*, No. 133, p. 30
31. **¿Y qué fue del gordito feliz?**  
*Arturo Orea Tejeda y Ana Ma. Sánchez Mora*, No. 130, p. 10
32. **Adulteración de alimentos con melamina\***  
*Benjamín Ruiz Loyola*, No. 129, p. 30
33. **Las grasas trans: enemigo al acecho**  
*Hortensia González Gómez*, No. 128, p. 30
34. **Influenza A/H1N1: la nueva epidemia\***  
*Miguel Ángel Cevallos*, No. 127, p. 10
35. **El virus de abril**  
*Estrella Burgos y Sergio de Régules*, No. 127, p. 16
36. **Fibromialgia, la enfermedad silenciosa**  
*Gloria Valek*, No. 126, p. 16
37. **Dulce y alegre**  
*Juan Carlos Martínez*, No. 126, p. 20
38. **Del abuso a la adicción**  
*Benjamín Ruiz Loyola*, No. 125, p. 10
39. **El olfato: ¿paria de los sentidos?**  
*Marco Guarneros y Robyn Hudson*, No. 125, p. 26
40. **Nueva fuente de rayos X: la cinta adhesiva**  
*Verónica Guerrero Mothelet*, No. 125, p. 30
41. **Loco amor\***  
*Guillermo Cárdenas Guzmán*, No. 123, p. 16
42. **Dulce fibra**  
*Agustín López Munguía*, No. 122, p. 16
43. **El asco: en defensa propia**  
*Miguel Rubio Godoy*, No. 120, p. 16
44. **Bótox: un veneno que cura y rejuvenece**  
*Alejandra Orozco Flores*, No. 120, p. 30
45. **Salmonela, la bacteria que causa estragos**  
*José Antonio Ibarra García*, No. 119, p. 30
46. **Sida: desde México se vislumbra el futuro**  
*Verónica Guerrero Mothelet*, No. 118, p. 22
47. **Higiene: arma de dos filos\***  
*Miguel Rubio Godoy*, No. 118, p. 30
48. **Las calorías también se beben**  
*Juan Rivera Dommarco*, No. 117, p. 22
49. **Sida y matemáticas\***  
*Verónica Guerrero Mothelet*, No. 116, p. 16
50. **Azúcar: hechos y mitos**  
*Agustín López Munguía*, No. 113, p. 10
51. **El aroma del recuerdo**  
*Verónica Guerrero Mothelet*, No. 112, p. 10
52. **¿Estás comiendo bien?\***  
*Reyna Sámano, Luz María de Regil y Esther Casanueva*, No. 110, p. 10
53. **Estómago contento**  
, No. 110, p. 20
54. **Diabetes: ¿la epidemia del siglo?\***  
*Ana Cecilia Polanco Ponce*, No. 107, p. 16

55. **Sida: el riesgo es real**  
*Martín Bonfil Olivera*, No. 102, p. 10
56. **De la desnutrición a la obesidad\***  
*María del Carmen Miñana Solís, Cristina Revilla y Carolina Escobar*, No. 101, p. 22
57. **El enemigo más íntimo**  
*Aleph Prieto, Roberto González-Amaro e Yvonne Rosenstein*, No. 99, p. 10
58. **Hospital virtual**  
*Humberto Ríos Rodríguez*, No. 96, p. 30
59. **Mujer y sida**  
*Mayra Isidro Geronimo y Laura Vargas-Parada*, No. 95, p. 30
60. **El virus del papiloma humano\***  
*Gerardo Gálvez-Correa*, No. 94, p. 10
61. **Dengue: la fiebre quebranta huesos**  
*Miguel Ángel Cevallos*, No. 93, p. 30
62. **Cuando el estrés oxidativo nos alcance\***  
*Agustín López Munguía*, No. 89, p. 10
63. **Caries, la batalla por los dientes\***  
*Miguel Rubio Godoy y Edward Worrall*, No. 86, p. 16
64. **La epidemia que viene**  
*Miguel Ángel Cevallos*, No. 85, p. 10
65. **Epilepsia, la enfermedad sagrada**  
*Ma. Emilia Beyer Ruiz*, No. 83, p. 28
66. **Trasplantes de órganos: los retoños de la vida**  
*Guillermo Cárdenas Guzmán*, No. 80, p. 22
67. **Reciclaje celular**  
*Karla Peregrina y Javier Cruz*, No. 76, p. 22
68. **¿De quién es este ombliguito?**  
*Eva Delia Calderón Garcidueñas y Agustín López Munguía*, No. 75, p. 10
69. **¿Por qué comes lo que comes? Reflexiones sobre la alimentación moderna**  
*Agustín López Munguía*, No. 64, p. 10
70. **24 46664: para combatir el sida**  
*Martha Duhne Backhauss*, No. 62, p. 24
71. **SARS: epílogo**  
*Miguel Ángel Cevallos*, No. 58, p. 16
72. **Alejandra, domadora de bacterias\***  
*Julieta Montelongo*, No. 57, p. 26
73. **Cáncer, acrilamida y papas fritas\***  
*Agustín López Munguía*, No. 56, p. 14
74. **SARS, la neumonía misteriosa**  
*Miguel Ángel Cevallos*, No. 55, p. 10
75. **Terapia génica\***  
*Laura Vargas Parada*, No. 52, p. 10
76. **Drogas de diseño\***  
*Benjamín Ruiz Loyola*, No. 46, p. 10
77. **La enfermedad del beso**  
*María Emilia Beyer*, No. 44, p. 30
78. **Las hormonas sexuales y el cerebro**  
*Ignacio Camacho Arroyo*, No. 43, p. 10
79. **Alimentos funcionales: salud a la carta**

- Agustín López Munguía*, No. 42, p. 10
80. **Medicina moderna\***  
*Miguel Rubio Godoy*, No. 41, p. 16
81. **Vitaminas en los cosméticos, ¿sirven de algo?**  
*Héctor Riveros-Rosas y Adriana Julián-Sánchez*, No. 40, p. 10
82. **Tras el ántrax**  
*Miguel Ángel Cevallos*, No. 39, p. 22
83. **Sida, veinte años después**  
*Martha Duhne*, No. 38, p. 15
84. **Proteínas**  
*Helena Porta*, No. 37, p. 20
85. **El cerdo no tiene la culpa**  
*Laura Vargas-Parada y Juan Pedro Laclette*, No. 33, p. 10
86. **Dopaje: la trampa es para la salud**  
*Benjamín Ruíz Loyola*, No. 32, p. 22
87. **Medicina espacial\***  
*Concepción Salcedo Meza*, No. 31, p. 10
88. **Las vacas locas\***  
*Agustín López Munguía*, No. 30, p. 10
89. **Las endorfinas**  
*Carmen Sánchez Mora y María Emilia Beyer*, No. 29, p. 10
90. **Gastritis y úlcera: la bacteria culpable**  
*Miguel Ángel Cevallos*, No. 26, p. 22
91. **El sida en el nuevo milenio\***  
*Martha Duhne*, No. 25, p. 10
92. **Las guerras del cuerpo**  
*Laura del Carmen Vargas-Parada*, No. 24, p. 30
93. **La ciencia de la dulzura**  
*Agustín López Munguía*, No. 22, p. 22
94. **La enfermedad que vino del mar**  
*Miguel Ángel Cevallos*, No. 19, p. 26
95. **Las dietas: mitos y realidades\***  
*Carmen Sánchez Mora*, No. 18, p. 10
96. **El cerebro agresivo**  
*Luis Felipe Brice*, No. 17, p. 14
97. **Violencia y salud pública**  
*Martha Híjar, Rafael Lozano y Beatriz Híjar*, No. 17, p. 26
98. **El mundo de los medicamentos**  
*Yadira Palacios Rodríguez*, No. 16, p. 16
99. **Esteroides anabólicos**  
*Paulino Sabugal Fernández*, No. 15, p. 8
100. **Correr**  
*Paulino Sabugal Fernández*, No. 12, p. 16
101. **El aspartame y otras “armas mortales”**  
*Agustín López Munguía*, No. 11, p. 6
102. **Las adicciones: más allá de las etiquetas\***  
*Martha Elena García*, No. 10, p. 22
103. **La moda alimenticia\***  
*Agustín López Munguía*, No. 8, p. 8

104. **Los perros domésticos y la salud humana**  
*No sólo es el mejor amigo del hombre, también es parte de su cultura y un magnífico auxiliar en el*, No. 7, p. 26
105. **Ahogarse en alcohol\***  
*Gabriel Nagore*, No. 6, p. 8
106. **Michel Petrucciani: arte y huesos de cristal**  
*Paulino Sabugal Fernández*, No. 5, p. 19
107. **Y tú, ¿qué tanto sabes del sida?\***  
*José Angel Leyva*, No. 3, p. 25
108. **La adicción por la delgadez**  
*Concepción Salcedo Meza*, No. 2, p. 22
109. **De afrodisiacos, Viagra y química sexual**  
*Agustín López Munguía*, No. 2, p. 26

## TECNOLOGÍA

1. **Satélites: enlaces de altos vuelos**  
*Guillermo Cárdenas Guzmán*, No. 211, p. 24
2. **Jugo de Sol: combustible a partir de fotosíntesis artificial**  
*Oscar Miyamoto Gómez*, No. 210, p. 8
3. **Claude E. Shannon, el gran inovador**  
*Gloria Valek*, No. 210, p. 30
4. **Todo en un chip**  
*Gerardo Abel Laguna Sánchez y Claudia Hernández García*, No. 206, p. 30
5. **Internet cuántico**  
*Daniel Martín Reina*, No. 205, p. 10
6. **Impresión 3D**  
*Oscar Salvador Miyamoto Gómez*, No. 203, p. 10
7. **Ciudades inteligentes**  
*Guillermo Cárdenas Guzmán*, No. 202, p. 10
8. **Drones, ciencia al vuelo**  
*Guillermo Cárdenas Guzmán*, No. 199, p. 10
9. **HAWC, el nuevo observatorio de rayos gamma**  
*Isaac Torres Cruz*, No. 198, p. 22
10. **Internet de las cosas: novedad que cumple un siglo**  
*Sidney Perkowitz*, No. 193, p. 32
11. **Efectos especiales para la astronomía**  
*Wolfgang Steffen*, No. 188, p. 10
12. **¿Qué tan realista es el cine del espacio?**  
*Sidney Perkowitz*, No. 184, p. 22
13. **Mover objetos con el pensamiento: ilusión y realidad**  
*Vicente Torres Zúñiga*, No. 183, p. 10
14. **El Meccano, 100 años de creatividad para chicos y grandes**  
*José de la Herrán y José Franco*, No. 182, p. 18
15. **La odisea de un robot curioso**  
*Ángela Posada-Swafford*, No. 178, p. 10
16. **Conexión total: el Internet de las Cosas**  
*Karen Miranda*, No. 174, p. 22
17. **Virus contra bacterias, renovada esperanza para tratar infecciones**  
*Miguel Ángel Cevallos*, No. 172, p. 10
18. **Basura espacial**



- Daniel Martín Reina*, No. 170, p. 10
19. **Las estrellas de rock de internet**  
*Ricardo Marcelín Jiménez*, No. 169, p. 16
20. **La anomalía de los Pioneer**  
*Sergio de Régules*, No. 169, p. 26
21. **Sol multiusos**  
*Laura Romero*, No. 167, p. 22
22. **Sentidos artificiales**  
*Arturo Rodríguez García*, No. 167, p. 30
23. **Bulbos**  
*Arturo Orta*, No. 166, p. 20
24. **Récords deportivos: el límite**  
*Gertrudis Uruchurtu*, No. 165, p. 16
25. **Dopaje genético y sanguíneo: lo último en trampas deportivas\***  
*Benjamín Ruiz Loyola y Jorge Benjamín Ruiz Gutiérrez*, No. 165, p. 22
26. **Grafeno: ¿la siguiente revolución tecnológica?**  
*Guillermo Murray Totarolo y Guillermo Murray Prisant*, No. 164, p. 22
27. **Robots que juegan al fútbol**  
*Marcela Riccillo*, No. 163, p. 10
28. **Alan Mathison Turing, explorador de límites**  
*Gloria Valek*, No. 163, p. 26
29. **Isaac Asimov**  
*Alan S. Brown*, No. 161, p. 22
30. **Observatorio electoral**  
*Guillermo Cárdenas Guzmán*, No. 161, p. 32
31. **Caballos de fuerza**  
, No. 158, p. 20
32. **La construcción del Eurotúnel**  
*Gloria Valek*, No. 158, p. 26
33. **Steve Jobs. El rebelde que usó la tecnología para hacerla desaparecer**  
*Alan S. Brown*, No. 157, p. 16
34. **Fertilizantes: ¿orgánicos o industriales?**  
*Benjamín Ruiz Loyola y Jorge Benjamín Ruiz Gutiérrez*, No. 155, p. 30
35. **Cirugía robótica**  
*Marcela Leticia Riccillo*, No. 147, p. 30
36. **Destellos de nanociencia**  
*Gabriela Frías Villegas y David Venegas*, No. 146, p. 16
37. **La evolución en un juego**  
*José Antonio Valderrama Ramos*, No. 144, p. 18
38. **El piano: tecnología al servicio de la música**  
*José de la Herrán*, No. 140, p. 16
39. **Los hackers: en los límites de lo posible**  
*Ximena Gutiérrez Velázquez*, No. 138, p. 16
40. **Golem, el robot que platica en español**  
*Guillermo Cárdenas*, No. 135, p. 22
41. **Nikola Tesla, el genio olvidado**  
*Daniel Martín Reina*, No. 133, p. 26
42. **Instrumentación astronómica: herramientas a la carta**  
*Guillermo Cárdenas Guzmán*, No. 132, p. 10

43. **México vuelve a mirar al espacio**  
*Guillermo Cárdenas Guzmán*, No. 130, p. 22
44. **Oye cómo va**  
*Ismael Meixueiro*, No. 127, p. 20
45. **La Agencia Espacial Mexicana emprende el vuelo**  
*Guillermo Cárdenas Guzmán*, No. 125, p. 16
46. **Dominios más allá de lo virtual**  
*Libia Barajas Mariscal*, No. 124, p. 30
47. **El tic-tac atómico**  
*Guillermo C. Guzmán y Sergio de Régules*, No. 119, p. 22
48. **Secretos de un buen sonido**  
*Jordi Cartagena Sotres*, No. 118, p. 24
49. **Rotativa constituyente**  
*Juan Carlos Martínez García*, No. 111, p. 20
50. **Hacia un transporte limpio y eficaz**  
*Guillermo Bermúdez y Martha Elena García*, No. 110, p. 22
51. **La iluminación del futuro: los diodos emisores de luz**  
*José de la Herrán y Sergio de Régules*, No. 109, p. 22
52. **Los discos compactos, ¿reproducción digital perfecta?**  
*José de la Herrán*, No. 106, p. 16
53. **El reinado de la biometría**  
*Juan Carlos Martínez García*, No. 104, p. 10
54. **Alta costura**  
*Isabelle Marmasse*, No. 72, p. 20
55. **Seguridad en Internet**  
*Daniel Martín Reina*, No. 69, p. 10
56. **Hubble**  
*Julieta Fierro*, No. 69, p. 20
57. **Computación cuántica**  
*Yuri Rubo y Julia Tagüeña*, No. 67, p. 10
58. **Ixtli: un observatorio de realidad virtual**  
*Guillermo Bermúdez*, No. 66, p. 10
59. **Nace un chip**  
*No disponible*, No. 65, p. 20
60. **Fuego artificial**  
*Eduardo de la Vega*, No. 58, p. 20
61. **Súbele al volumen**  
*Javier Cruz*, No. 57, p. 22
62. **Máquinas tontas, herramientas geniales**  
*Susana Biro*, No. 56, p. 26
63. **Arena, vidrio, lente... ¡telescopio!\***  
*Susana Biro*, No. 53, p. 26
64. **De hackers, crackers e intrusos**  
*Karla Peregrina*, No. 52, p. 33
65. **Modelos: un manual del usuario**  
*Susana Biro*, No. 51, p. 26
66. **Nanomundo: la importancia de lo pequeño**  
*Julia Tagüeña y Antonio del Río*, No. 50, p. 10
67. **Control de calidad**

- Sergio de Régules*, No. 48, p. 18
68. **La computadora\***  
*Ricardo Ciria Mercé*, No. 48, p. 22
69. **El telar aritmético de Charles Babbage**  
*Mario Mendoza Toraya*, No. 47, p. 30
70. **La verdadera comida rápida\***  
*Rosa María Catalá*, No. 47, p. 22
71. **El horno de microondas**  
*María Cristina Heine Moya*, No. 41, p. 30
72. **El motor del futuro**  
*Alberto Solórzano Kraemer*, No. 40, p. 16
73. **Nostalgia setentera: el audio digital vs el analógico\***  
*Francisco Delahay*, No. 36, p. 10
74. **Cámara en alto**  
*Natalia Marmasse*, No. 33, p. 30
75. **Satélites artificiales: ampliación de nuestras fronteras\***  
*Verónica Bunge y Gloria Valek*, No. 32, p. 30
76. **Los sintetizadores: a la conquista del espacio de los sonidos**  
*Francisco Delahay y Sergio de Régules*, No. 27, p. 10
77. **Así funciona... Internet**  
*José Ricardo Ciria Mercé*, No. 24, p. 10
78. **Así funciona**  
*José de la Herrán*, No. 23, p. 22
79. **La geografía y las nuevas tecnologías**  
*Agustín Fernández Eguiarte y Raúl Aguirre Gómez*, No. 22, p. 30
80. **Arqueología, arte y aceleradores de partículas\***  
*José Luis Ruvalcaba Sil*, No. 21, p. 30
81. **El teléfono celular**  
*Natalia Marmasse*, No. 20, p. 22
82. **Íntimamente digital**  
*Isabelle Marmasse*, No. 16, p. 10
83. **¿Por qué un auto eléctrico?**  
*José de la Herrán*, No. 14, p. 8
84. **Los virus de computadora**  
*Luis Felipe Brice y Gloria Valek*, No. 9, p. 26
85. **La biblioteca electrónica**  
*Guillermo Bermúdez*, No. 8, p. 26
86. **El problema del año 2000**  
*Alan Sandoval A.*, No. 5, p. 8
87. **La cámara digital**  
*David Aguilar Juárez*, No. 5, p. 12
88. **En marcha la Estación Espacial Orbital**  
*Paulino Sabugal Fernández*, No. 4, p. 7
89. **Los protagonistas de una nueva cultura**  
*Alicia García Bergua*, No. 4, p. 19
90. **La inteligencia artificial ¿Hacia dónde nos lleva?**  
*Renato Gómez Herrera*, No. 2, p. 8
91. **Televisión digital**  
*Luis Felipe Brice*, No. 1, p. 12

## ZOOLOGÍA

1. **De risa**  
*Katarina Christenson*, No. 210, p. 20
2. **Las serpientes: depredadoras versátiles**  
*Ernesto Raya García y Javier Alvarado Díaz*, No. 208, p. 24
3. **CSI ardillas, o cómo identificar mamíferos por su pelo**  
*José Arturo García Domínguez*, No. 203, p. 30
4. **El misterioso caso de los demonios de Tasmania**  
*Patricia Torres Barrera*, No. 196, p. 26
5. **Axólotl, monstruo acuático**  
*Luz Olivia Badillo Badillo*, No. 195, p. 22
6. **Cómo se llega a ser reina\***  
*Jazmín Zarco Iturbe*, No. 192, p. 22
7. **Automedicación animal**  
*Constantino Macías García e Isabel López-Rull*, No. 190, p. 18
8. **Orca, de monstruo a ícono**  
*Miguel Rubio Godoy*, No. 188, p. 30
9. **Cría fama y échate a roer**  
*Rafael Flores Peredo, Guillermo Vázquez Domínguez y Julia Ros Cuéllar*, No. 180, p. 16
10. **Perezosos del bosque tropical**  
*Ronald Arias*, No. 177, p. 20
11. **El hippie de la selva**  
*Ángela Posada-Swofford*, No. 175, p. 10
12. **De buen ver**  
*Jesús Ávila*, No. 175, p. 20
13. **Corre con suerte**  
*Gertrudis Uruchurtu*, No. 173, p. 20
14. **Anfibios: la sensible piel de la biodiversidad**  
*José Manuel Serrano-Serrano*, No. 169, p. 22
15. **Mudar o morir**  
*Gloria Valek*, No. 165, p. 20
16. **Ensalada de ballenas\***  
*Miguel Rubio Godoy*, No. 161, p. 16
17. **Celebración del murciélago\***  
*Rodrigo A. Medellín y Clementina Equihua Z*, No. 159, p. 10
18. **Habitante de la niebla**  
*Gloria Valek*, No. 151, p. 20
19. **Evolución de las ballenas**  
*Miguel Rubio Godoy*, No. 147, p. 22
20. **¿Macho como Hermes, hembra como Afrodita?**  
*Ernesto Ortiz*, No. 142, p. 17
21. **Animales domésticos: ¿los hicimos o se hicieron?**  
*Raúl Valadez Azúa*, No. 141, p. 30
22. **La amistad en los primates**  
*Guillermina Echeverría Lozano*, No. 138, p. 22
23. **Pioneros del mar**  
*Eduardo de la Vega*, No. 137, p. 20
24. **Perros llaneros**  
*Eduardo Ponce*, No. 136, p. 20

25. **Galope en el mar**  
*Gloria Valek*, No. 133, p. 20
26. **¿Flores voladoras?**  
*Jessica Ibarra*, No. 132, p. 20
27. **Arco iris en el mar**  
*Jazmín D. Ortigosa Gutiérrez*, No. 125, p. 20
28. **Mundo salvaje**  
*Isabelle Marmasse*, No. 123, p. 20
29. **Mi colmoyote y yo\***  
*Clementina Equihua*, No. 122, p. 22
30. **Águila y Sol**  
, No. 120, p. 20
31. **Disimular para sobrevivir**  
*Clementina Equihua Z.*, No. 119, p. 16
32. **Colibríes en Panamá**  
*Blanca Luz Pulido*, No. 119, p. 20
33. **La ventaja evolutiva de hacerse el muerto**  
*Etsel Garrido y Constantino Macías García*, No. 118, p. 16
34. **El lobo y el mundo prehispánico**  
*Raúl Valadez Azúa, Alicia Blanco Padilla y Bernardo Rodríguez Galicia*, No. 117, p. 16
35. **Biblioteca acuática: la Colección Nacional de Crustáceos**  
*Humberto Ríos Rodríguez*, No. 116, p. 22
36. **Seda de araña\***  
*Guillermo Ibarra Núñez*, No. 115, p. 10
37. **Grillos**  
*José Luis López Vicente*, No. 112, p. 20
38. **La tortuga verde**  
*Erica Torrens Rojas*, No. 111, p. 16
39. **Iguana iguana**  
*Jesús Ávila*, No. 109, p. 20
40. **Alienígenas en mi jardín**  
*Alejandro Zaldivar Riverón*, No. 109, p. 30
41. **Habitante voraz**  
*Gloria Valek*, No. 98, p. 20
42. **Sin rencores**  
*Guillermina Echeverría Lozano*, No. 96, p. 16
43. **A ojos vistas**  
*Isabelle Marmasse*, No. 95, p. 20
44. **Camellos en América del Norte**  
*Eduardo Jiménez Hidalgo y Rosalía Guerrero Arenas*, No. 94, p. 16
45. **Patrimonio natural**  
*Erica Torrens Rojas*, No. 92, p. 20
46. **Las extrañas aves de Gondwana**  
*Miguel Rubio Godoy*, No. 92, p. 26
47. **Inteligencia animal**  
*Alejandra Valero*, No. 89, p. 22
48. **Hazme ronronear toda la noche**  
*Juan Tonda Mazón*, No. 84, p. 30
49. **Galápagos, entre el mar y el fuego**

- Luci Cruz Wilson y Adrián Bodek*, No. 82, p. 30
50. **Tarántulas de México**  
*Iru Montaña y Germán González*, No. 81, p. 16
51. **Tucanes**  
*Alejandra Alvarado*, No. 80, p. 20
52. **El tiburón ballena**  
*Erica Torrens Rojas*, No. 80, p. 30
53. **Oso negro**  
*Martha Duhne Backhauss*, No. 77, p. 20
54. **Verdaderos saltamontes**  
*Alejandra Alvarado*, No. 75, p. 20
55. **Perros de barrio**  
*Alicia García Bergua*, No. 73, p. 20
56. **Aguililla Harris**  
*Leticia Monroy*, No. 64, p. 20
57. **El guajolote: un mexicano genuino**  
*Raúl Valadez Azúa*, No. 61, p. 22
58. **Levanta el vuelo**  
*Noemí Luna García*, No. 56, p. 20
59. **Belugas**  
*Martha Duhne*, No. 53, p. 20
60. **Los más pesados**  
*Alejandra Alvarado*, No. 51, p. 20
61. **Artrópodos en todas partes**  
*Alejandra Alvarado Zink*, No. 49, p. 20
62. **¡Qué oso!**  
G.V., No. 44, p. 20
63. **Catarinas**  
*Alejandra Alvarado*, No. 39, p. 20
64. **Cocodrilos mexicanos**  
*No disponible*, No. 32, p. 20
65. **Estrellas de mar**  
G.V., No. 24, p. 20
66. **La monarca**  
*Alejandra Alvarado*, No. 22, p. 20
67. **Los gobies**  
G.V., No. 19, p. 20

#### ANEXO 4

<b>Referencias provenientes de la Biblioteca Escolar y Biblioteca de Aula</b>			
<b>Título</b>	<b>Autor (Es)</b>	<b>Categoría</b>	<b>Editorial</b>
<b>2012-2013</b>			
¡Menudos Inventos!	Anita Van Saan	Tecnología	Oniro
Tercera Serie De 400 Pequeñas Dosis De Ciencia.	René Drucker Colín; Angel Figueroa Perea ;Gertrudis Uruchurtu Marroquín; Mariana Fuentes González; Alejandra Noguez	Tecnología	UNAM
El Cráter De Chicxulub	Arcadio Poveda Ricalde; Fernando Espejo	Ciencias De La Tierra Y El Espacio	DGE Equilibrista
<b>2011-2012</b>			
Venenos: Armas Químicas De La Naturaleza	s/d	Ciencias Biológicas	Fondo De Cultura Económica
Muestrario De Aves Mexicanas. Las Más Bellas Singulares Y Divertidas	s/d	Ciencias Biológicas	Editorial Terracota, S.A. De C V
El Libro De Las Pandemias	s/d	Ciencias De La Salud Y El Deporte	Océano Ambar
La Química En El Arte	Horacio y Lena García	Tecnología	ADN Editores
<b>2010-2011</b>			
Microbios	Ma. Isabel Salazar; Penélope Aguilera; Perla Maldonado; Minerva Arce Fonseca; Gloria León Ávila	Ciencias Biológicas	Editorial Terracota, S.A. De C.V.
Manual De Nutrición	Luis Lesur	Ciencias De La Salud Y El Deporte	Trillas
El Placer De Comer Y Estar Sano	Guadalupe Esquivel; Adriana Luna	Ciencias De La Salud Y El Deporte	Editorial Terracota, S.A. De C.V
Ciencia Y	Alexander Grimm	Tecnología	Parragon

Tecnología			
Nuestra Elección	Al Gore	Ciencias De La Tierra Y El Espacio	Océano
<b>2009-2010</b>			
Ciencia Forense	Alex Frith	Tecnología	Usborne
Farmacia Humana, La	René Anaya	Ciencias Físico-Químicas	Editorial Terracota, S.A. De C.V
El VIH/Sida	Carmen Soler Claudín; Juan Mauricio Ramos	Ciencias Biológicas	UNAM
Libro De Los Pioneros, El	Teo Gómez	Tecnología	Océano Ambar
Fuentes Renovables De Energía Y Desarrollo Sustentable	Julia Tagüeña; Manuel Martínez	Ciencias De La Tierra Y El Espacio	ADN Editores
<b>2008-2009</b>			
Del Atomo Al Infinito. El Universo A Todas Las Escalas	Mary Y John Gribbin	Ciencias Físico-Químicas	Oniro
Compartir La Ciencia	Libia Barajas ; Sergio De Regules	Ciencias Físico-Químicas	SEP-Santillana
La Caceria Del Genoma Humano	Garcia, Horacio	Ciencias Biológicas	UNAM
Johann Gregor Mendel, La Biografía	Rosario Rodriguez Arnais	Ciencias Biológicas	Sistemas Técnicos De Edición S.A De C.V Sitesa
Origen Del Universo, El	Miguel Ángel Herrera Andrade	Ciencias De La Tierra Y El Espacio	ADN Editores
Para Comprender El Clima Y El Medio Ambiente	Fencai Fortin	Ciencias De La Tierra Y El Espacio	Panamericana Editoria
<b>2007-2008</b>			
¿Sientes La Fuerza?	Richard Hammond	Ciencias Físico-Químicas	Ediciones SM
Ecología A Tu Alcance, La	François Michel	Ciencias Biológicas	Oniro
Bio..¿Qué? Biotecnología El Futuro Llegó Hace	Alberto Diaz	Tecnología	Siglo XXI Editores Argentina



Rato			
Esa Poderosa Energía	Nick Arnold	Ciencias Físico-Químicas	Molino
Después Del Miedo, La Ciencia	Sergio Régules De	Ciencias Físico-Químicas	Ediciones Castillo
Planeta Azul, Planeta Gris	Mónica Lavín Maroto	Ciencias Físico-Químicas	ADN Editores
Evolución Y Genética. Ayer, Hoy Y Mañana	Varios	Ciencias Biológicas	Editorial Sol 90
Historias Del Agua En El Valle De México	Varios	Ciencias Biológicas	Etnobiología Para La Conservación
La Odisea De La Vida	Nils Tavernier	Ciencias Biológicas	Art Blume
Trastornos De La Conducta Alimentaria. Anorexia Y Bulimia	Alicia Gorab; Ma. Del Carmen Iñarritu	Ciencias De La Salud Y El Deporte	UNAM
Enciclopedia Visual De Los Deportes	Jacques Fortin	Ciencias De La Salud Y El Deporte	Trillas
Plagas Y Epidemias	Richard Walker	Ciencias De La Salud Y El Deporte	Altea
Alimentos	Agustín López Munguía Canales	Ciencias De La Salud Y El Deporte	SEP-Santillana
En Las Entrañas De La Tierra	Varios	Tecnología	Instituto Mexicano Del Petroleo
Energía	Erich Ubelacker	Tecnología	Altea
Conquista Espacial Explicada A Los Niños, La	Olivier Goursac	Tecnología	Océano
Energía, Motor De La Vida	Jaime Bali Wuest;Edagardo Solano Lartigau	Ciencias De La Tierra Y El Espacio	Ceiba Arte Editorial, S.A. De C.V
Atlas Básico Del Agua	José Tola	Ciencias De La Tierra Y El Espacio	Parramón Ediciones
Enciclopedia De Los Dinosaurios Y De La Vida Prehistórica	Varios	Ciencias De La Tierra Y El Espacio	Dorling Kindersley

2006-2007			
Química Imaginada. Reflexiones Sobre La Ciencia	Roald Hoffman ; Vivian Torrence	Ciencias Físico-Químicas	Fondo De Cultura Económica
Tesoros De Biodiversidad	Angélica Cervantes	Ciencias Biológicas	SEP-Santillana
Agua, Medio Ambiente Y Sociedad	Julia Carabias; Rosalva Landa; Jaime Collado; Polioptro Martínez; Fernando Tudela	Ciencias Biológicas	El Colegio De México
De La Ficción A La Adicción	Humberto Brocca; Lorenza Tovar De Teresa	Ciencias De La Salud Y El Deporte	SEP-Santillana
Mi Planeta Y Yo	Sylvia Vaisman	Ciencias De La Tierra Y El Espacio	Ediciones Tecolote
Asombroso Camino De Los Mapas, El	Val Ross	Ciencias De La Tierra Y El Espacio	El Nacional
2005-2006			
Sorpréndete Con Los Grandes Científicos	Jim Callan	Ciencias Físico-Químicas	Limusa-Wiley
Nosotros Los Árboles	Penélope Esparza	Ciencias Biológicas	SEP-Santillana
Ciencia: Una Historia Contada Por Sus Protagonistas. La Edad Media	José Luis Trueba Lara	Ciencias Físico-Químicas	Aguilar
Genética. De Darwin Al Genoma Humano	Lluís Cardona Pascual	Ciencias Biológicas	Océano
Los Orígenes Del Hombre	Juan Luis Arsuaga; Meave Leakey; Donald G. Johanson ; Rick Gore; Matilde Múzquiz; Pedro Saura	Ciencias Biológicas	National Geographic
La Sexualidad	Blanca Rico Galindo	Ciencias De La Salud Y El Deporte	Adn Editores

Hablemos Sobre La Anorexia	Maroushka Monro	Ciencias De La Salud Y El Deporte	Editorial Hispano Europea
Cómo Conservar Sus Dientes Y Encías Toda La Vida.Odontología Para Pacientes	Agustín Zerón	Ciencias De La Salud Y El Deporte	UNAM
¡Eureka!	Richard Platt	Tecnología	Destino
Océanos Y Playas	Trevor Day	Ciencias De La Tierra Y El Espacio	Correo Del Maestro - Ediciones La Vasija
Un Punto Azul Pálido	Carl Sagan	Ciencias De La Tierra Y El Espacio	Planeta
<b>2004-2005</b>			
Agujeros Negrosy Otras Curiosidades Espaciales	Alex Barnett	Ciencias De La Tierra Y El Espacio	Planeta Junior
La Ciencia	Chamizo, José Antonio	Ciencias Físico-Químicas	UNAM
Dentro Del Átomo	Francisco Noreña	Ciencias Físico-Químicas	Libros Del Escarabajo
Los Transgénicos	Eduarne Gómez Roig	Ciencias Biológicas	Libros Del Escarabajo
Alimentos Para El Futuro	Colin Tudge	Ciencias De La Salud Y El Deporte	Planeta
Atlas Básico De Fisiología	Adolfo Cassan	Ciencias De La Salud Y El Deporte	Parramón Ediciones
1000 Preguntas Y Respuestas: Cómo Funcionan Las Cosas	Nicola Baxter	Tecnología	Ediciones HYMSA / Grupo Editorial Edipresse
El Fascinante Mundo Del Petróleo	Gloria Valek Valdés	Tecnología	Instituto Mexicano Del Petroleo
<b>2003-2004</b>			
Supervivencia Vida En Los Hábitats Más Inhóspitos	Taylor, Barbara	Ciencias Biológicas	Planeta Junior
Hablaba Con Las Bestias, Los Peces Y Los Pájaros	Lorenz, Konrad	Ciencias Biológicas	Tusquets

El Genoma Humano	Cherfas, Jeremy	Ciencias Biológicas	Planeta
El Delfin Del Amazonas	Serafini, Dominique	Ciencias Biológicas	Folio
El Misterio De La Atlántida	Serafini, Dominique	Ciencias Biológicas	Folio
Animal. Aves	Burnie, David	Ciencias Biológicas	Aguilar
Animal. Invertebrados	Burnie, David	Ciencias Biológicas	Aguilar
Animal. Mamíferos 1	Burnie, David	Ciencias Biológicas	Aguilar
Animal. Mamíferos 2	Burnie, David	Ciencias Biológicas	Aguilar
Animal. Peces	Burnie, David	Ciencias Biológicas	Aguilar
Animal. Hábitats	Burnie, David	Ciencias Biológicas	Aguilar
Animal. Reptiles Y Anfibios	Burnie, David	Ciencias Biológicas	Aguilar
Cómo Se Contagían Las Enfermedades	Palacios Boix, Alberto	Ciencias De La Salud Y Deportes	ADN Editores
Enciclopedia Del Cuerpo Humano	Álvarez, Víctor	Ciencias De La Salud Y Deportes	Espasa
Desafío Del Cangrejo, El	Alonso Daniel F	Ciencias De La Salud Y Deportes	Siglo XXI Editores Argentina
Medio Ambiente: Tu Participación Cuenta	Guillén Fedro, Carlos	Ciencias De La Tierra Y El Espacio	SEP-Santillana
Contaminación: Causas Y Soluciones	Guillén Fedro, Carlos	Ciencias De La Tierra Y El Espacio	SEP-Santillana
La Exploración Del Espacio	Neri Vela, Rodolfo	Ciencias De La Tierra Y El Espacio	SEP-Santillana
Química Mexicana	Chamizo, José Antonio	Ciencias Físico-Químicas	UNAM
¡Enchúfate A La Energía!	Calvo Roy Antonio, Fernández Bayo Ignacio, Sierra I Fabra Jordi	Ciencias Físico-Químicas	SM De Ediciones

Fronteras De La Astronomía	De La Herrán José, Tonda Mazón Juan	Ciencias Físico-Químicas	SEP-Santillana
¿Ciencia O Ciencia-Ficción?	Talanquer, Vicente	Ciencias Físico-Químicas	SEP-Santillana
Bomba Y Sus Hombres, La	García, Horacio	Tecnología	ADN Editores
<b>2002-2003</b>			
La Evolución Y El Hombre	Núñez Farfán, Juan	Ciencias Biológicas	SEP-Santillana
Biodiversidad I	Piñero, Daniel Y Ana Wegier	Ciencias Biológicas	SEP-Santillana
Biodiversidad II	Piñero, Daniel Y Ana Wegier	Ciencias Biológicas	SEP-Santillana
La Célula	Dreyfus, Geoges	Ciencias Biológicas	SEP-Santillana
Nuestro Cuerpo	Rosenstein, Yvonne, Angélica Santana Y Rodolfo Acuña	Ciencias Biológicas	SEP-Santillana
Cuerpo Saludable	Rosenstein, Yvonne, Angélica Santana Y Rodolfo Acuña	Ciencias De La Salud Y El Deporte	SEP-Santillana
De Los Pies A La Cabeza	Zubieta López, Paloma	Ciencias De La Salud Y El Deporte	SEP-Santillana
Ser Adolescente	Carbajal Huerta, Elizabeth	Ciencias De La Salud Y El Deporte	SEP-Santillana
Adolescencia Y Calidad De Vida	Carbajal Huerta, Elizabeth	Ciencias De La Salud Y El Deporte	SEP-Santillana
La Tierra Y El Universo	Fierro, Julieta	Ciencias De La Tierra Y El Espacio	SEP-Santillana
Qué Hacemos Con La Naturaleza	Alcocer, Martha	Ciencias De La Tierra Y El Espacio	SEP-Santillana
Ecología	Morales, Eduardo	Ciencias De La Tierra Y El Espacio	SEP-Santillana
La Tierra	Lomnitz, Cinna	Ciencias De La Tierra Y El Espacio	SEP-Santillana
Los Continentes	Burgos Ruiz, Estrella Y Luci Cruz	Ciencias De La Tierra Y El	SEP-Santillana

	Wilson	Espacio	
Travesía Por México	Valek, Gloria	Ciencias De La Tierra Y El Espacio	SEP-Santillana
México:Recursos Naturales	Guilén, Fedro Carlos	Ciencias De La Tierra Y El Espacio	SEP-Santillana
La Atmósfera	Gay García, Carlos	Ciencias De La Tierra Y El Espacio	SEP-Santillana
México Envuelto En Mares	Cruz Wilson, Lucy	Ciencias De La Tierra Y El Espacio	SEP-Santillana
Beneficios De La Naturaleza	Soberón, Jorge Y Aída Hernández	Ciencias De La Tierra Y El Espacio	SEP-Santillana
Contaminación Por Desechos	Hernández, Aída Y Jorge Soberón	Ciencias De La Tierra Y El Espacio	SEP-Santillana
El Suelo: Ese Desconocido. Ecología Del Suelo	Solleiro Rebolledo, Elizabeth	Ciencias De La Tierra Y El Espacio	SOMEDICYT/SEMARNAP
Campamento Biofilia. La Biodiversidad	Alvarado Zink, Alejandra	Ciencias Biológicas	SOMEDICYT/SEMARNAP
Dos Ciencias Que Estudian Mi Mundo	Martín M., Antonia Y Maricela Flores	Ciencias Físico-Qúímicas	SEP-Santillana
La Materia	Martín M., Antonia Y Maricela Flores	Ciencias Físico-Qúímicas	SEP-Santillana
Manifestaciones De La Energía	Martín M., Antonia Y Maricela Flores	Ciencias Físico-Qúímicas	SEP-Santillana
Relación Entre Materia Y Energía	Martín M., Antonia Y Maricela Flores	Ciencias Físico-Qúímicas	SEP-Santillana
La Medición Y Sus Unidades	Noreña Villarías, Francisco Y Juan Tonda Mazón	Ciencias Físico-Qúímicas	SEP-Santillana
El Movimiento	Noreña Villarías, Francisco Y Juan Tonda Mazón	Ciencias Físico-Qúímicas	SEP-Santillana
La Energía	Noreña Villarías, Francisco Y Juan Tonda Mazón	Ciencias Físico-Qúímicas	SEP-Santillana
Física En Imágenes	Noreña Villarías, Francisco Y Juan	Ciencias Físico-Qúímicas	SEP-Santillana

	Tonda Mazón		
Calor Y Temperatura	Tagüeña, Carmen, Julia Tagüeña Y Jorge Flores	Ciencias Físico-Qiímicas	SEP-Santillana
Sólidos Y Fluidos	Tagüeña, Carmen, Julia Tagüeña Y Jorge Flores	Ciencias Físico-Qiímicas	SEP-Santillana
Sonido, Luz Y Otras Ondas	Domínguez, Héctor, Jorge Flores, Carmen Tagüeña Y Julia Tagüeña	Ciencias Físico-Qiímicas	SEP-Santillana
El Universo De La Química	García, Horacio	Ciencias Físico-Qiímicas	SEP-Santillana
Manifestaciones De La Materia	García Sainz, José María	Ciencias Físico-Qiímicas	SEP-Santillana
La Naturaleza Discontinua De La Materia	García, Horacio	Ciencias Físico-Qiímicas	SEP-Santillana
Química Industrial	García Sainz, José María	Ciencias Físico-Qiímicas	SEP-Santillana
La Química De Los Fluidos	Irazoque, Glinda Y José Antonio López Tercero	Ciencias Físico-Qiímicas	SEP-Santillana
La Química De La Vida Y El Ambiente	Irazoque, Glinda Y José Antonio López Tercero	Ciencias Físico-Qiímicas	SEP-Santillana
Los Cuatro Elementos	Chamizo, José Antonio Y Yosune Chamizo Alberro	Ciencias Físico-Qiímicas	SEP-Santillana
Del Átomo Al Hombre	García, Horacio	Ciencias Físico-Qiímicas	SEP-Santillana
Claudia: Un Encuentro Con La Energía	Trigueros, María Y Ana María Sánchez	Ciencias Físico-Qiímicas	SOMEDICYT/SEMARNAP
<b>2001-2002</b>			
La Casa Química	Chamizo Guerrero, José Antonio Y Rodrigo Chamizo Alberro	Ciencias Físico-Qiímicas	ADN Editores
Cuentos Cuánticos	Régules Ruiz-Funes, Sergio De	Ciencias Físico-Qiímicas	ADN Editores
Relatos De Ciencia	Sánchez Mora, Ana María	Ciencias Físico-Qiímicas	ADN Editores
El Alquimista	García, Horacio	Ciencias Físico-	Pangea

Errante:Paracelso		Químicas	
-------------------	--	----------	--



## ANEXO 5

### 1. TÍTULOS DEL FONDO DE CULTURA ECONÓMICA.

TÍTULO	AUTOR	No.	AÑO
Arellano Ferro, Armando	Por qué no hay extraterrestres en la Tierra	193	2003
Bohigas, Joaquín	Génesis y transfiguración de las estrellas	89	1990
Biro, Susana	La mirada de Galileo	221	2009
Bravo, silvia	Encuentro con una estrella	38	1987
Biro, Susana	Para calcular el Universo. Las computadoras en la astronomía	196	2004
Carrasco Licea, Esperanza y Alberto Carramiñana Alonso	Del sol a los confines del Sistema Solar	208	2005
Dultzin, Déborah	Cuásares. En los confines del Universo	53	1998
Gall, Ruth, et al.	Las actividades espaciales en México: una revisión crítica	20	1987
Echevarría, Juan	Estrellas binarias interactivas	49	1987
Hacyan, Shahan	El descubrimiento del Universo	6	1986
Fierro, Julieta y Miguel Ángel Herrera	La familia del Sol	62	1998
Hacyan, Shahan	Los hoyos negros y la curvatura del espacio-tiempo	50	1988
Malacara, Daniel y Juan Manuel Malacara	Telescopios y estrellas	57	1988
Moreno Corral, Marco Arturo	La morada cósmica del hombre. Ideas e investigaciones sobre el lugar de la Tierra en el Universo	155	1997
Matos, Tonatihu	¿De qué está hecho el Universo? Materia oscura y energía oscura	204	2004
Moreno Corral, Marco Arturo	Odisea 1874 o el primer viaje internacional de científicos mexicanos	15	1986
Moreno Corral, Marco Arturo	Historia de la astronomía en México	4	1986
Peimbert, Manuel (comp)	Fronteras del Universo	176	2000
Rodríguez, Luis Felipe	Un Universo en expansión	1	1986
Torres, Silvia y Julieta Fierro	Nebulosas planetarias: la hermosa muerte de las estrellas	220	2009
Ruiz de la Herrán,	Mosaico astronómico	187	2002

José			
Tenorio Tagle, Guillermo y Casiana Muñoz-Tuñón	La luz con el tiempo dentro	203	2004
Aranda Anzaldo, Armando	En la frontera de la vida: los virus	71	1988
Cano Santana, Zenón y Juana Martínez Sánchez	Las cuevas y sus habitantes	181	2000
Aréchiga, Hugo	El universo interior	182	2001
Castillo, Luis Felipe del	El fenómeno mágico de la ósmosis	16	1986
Barahona, ana y Daniel Piñero	Genética: la continuidad de la vida	125	1994
Cifuentes, Juan Luis y Fabio Germán Cupul	¿Los terribles cocodrilos?	197	2004
Cifuentes, Juan Luis y Fabio Germán Cupul	Venenos: armas químicas de la naturaleza	229	2011
García-Sáiz, Jesús Adolfo	Hormonas: mensajeros químicos y comunicación celular	28	1987
Dreyfus, Georges	El mundo de los microbios	43	1987
Gruart, Agnés; José María Delgado, Carolina Escobar y Raúl Aguilar Roblero	Los relojes que gobiernan la vida	188	2002
Estrada, Alejandro	Comportamiento animal. El caso de los primates	65	1989
Hernández, Héctor M.	La vida en los desiertos mexicanos	213	2006
Hoffmann, Anita	Animales desconocidos. Relatos acarológicos	60	1988
Llorente Bousquets, Jorge	La búsqueda del método natural	95	1990
Hoffmann, Anita	El maravilloso mundo de los arácnidos	116	1993
Llorente Bousquets, Jorge; Nelson Papavero y Marcello G. Simoes	La distribución de los seres vivos y la historia de la Tierra	148	1996
Jorge, Dora E.	Los microbios ¿amigos o enemigos?	227	2009
Meza, Isaura y Eugenio Frixione	Máquinas vivientes. ¿Cómo se mueven las células?	143	1996

Moreno Casasola, Patricia	Vida y obra de granos y semillas	146	1996
Peña, Antonio	Las membranas de las células	18	1986
Navarro, Adolfo y Hesiquio Benítez	El dominio del aire	138	1995
Peña, Antonio y Georges Dreyfus	La energía y la vida. Bioenergética	92	1990
Peña, Antonio	¿Cómo funciona una célula? Fisiología celular	122	1995
Piñero, Daniel	De la bacterias al hombre: la evolución	25	1987
Ruiz Herrera, José	Viaje al asombroso mundo de los hongos	218	2008
Tapia, Ricardo	Las células de la mente	30	1987
Sarukhán, José	Las musas de Darwin	70	1988
Vázquez Yanes, Carlos	Cómo viven las plantas	48	1987
Soberón Mainero, Fco. Xavier	La ingeniería genética, la nueva biotecnología y la era genómica	145	1996
Alba Abdrade, Fernando	El desarrollo de la tecnología. La aportación de la física	23	1987
Blanco, Carlos a. (comp)	Cultivos transgénicos para la agricultura latinoamericana	219	2008
Ávila, Javier y Joan Genescá	Más allá de la herrumbre, I	9	1986
Brandan, María Ester; Rodolfo Díaz Perches y Patricia Ostrosky	La radiación al servicio de la vida	99	1991
Ávila, Javier y Joan Genescá	Más allá de la herrumbre, II. La lucha contra la corrosión	79	1989
Braun, Eliezer	Electromagnetismo: de la ciencia a la tecnología	112	1992
Chow Pangtay, Susana	Petroquímica y sociedad	39	1987
Genescá, Joan	Más allá de la herrumbre, III. Corrosión y medio ambiente	121	1994
Domínguez, José Manuel e Isaac Schifer	Las arcillas: el barro noble	109	1992
Kuhlmann, Federico y anotnio Alonso	Información y telecomunicaciones	149	1996
Fuentes, Sergio y Gabriela Díaz	Catalizadores. ¿La piedra filosofal del siglo XX?	59	1988

López, Tessy y Ana Martínez	El mundo mágico del vidrio	137	1995
Martínez Gómez, Lorenzo	Acero	80	1989
Piña Barba, María Cristina	La física en la medicina	37	1987
Ortuño Arzate, Salvador	El mundo del petróleo. Origen, usos y escenarios	224	2009
Piña Barba, María Cristina	La física en la medicina, II. Ojos nuevos para los mismos cuerpos	171	2000
Peralta y Fabi, Ricardo	Del espacio al subsuelo	86	1990
Reséndiz Núñez, Daniel	El rompecabezas de la ingeniería. Por qué y cómo se transforma el mundo	215	2008
Schifter, Isaac y Esteban López Salinas	Usos y abusos de las gasolineras	159	1998
Tonda, Juan	El oro solar y otras fuentes de energía	119	1993
Takeuchi, Noboru	Nanociencia y nanotecnología. La construcción de un mundo mejor átomo por átomo	222	2009
Viana Castrillón, Laura	Memoria natural y artificial	88	1990
Talavera, Laura y Mario Farías	El vacío y sus aplicaciones	131	1995
Canet Miquel, Carles y Antoni Camprubí i Cano	Yacimientos minerales: los tesoros de la Tierra	214	2006
Garduño, René	Pormenores terrestres	183	2001
Espíndola, Juan Manuel	El tercer planeta. Edad, estructura y composición de la Tierra	74	1989
Garduño, René	El veleidoso clima	127	1994
Fagundo Castillo, Juan Reynerio	En el techo del planeta	191	2002
Lira, Jorge	La percepción remota: nuestros ojos desde el espacio	33	1987
Lugo Hubp, José	El relieve de la Tierra y otras sorpresas	201	2004
Macías Vázquez, José Luis y Lucía Capra Pedol	Los volcanes y sus amenazas	210	2005
Lugo Hubp, José	La superficie de la Tierra, I. Un vistazo a un mundo cambiante	54	1988
Medina Martínez,	Sismicidad y volcanismo en México	151	1997

Fco.			
Lugo Hubp, José	La superficie de la Tierra, II. Procesos catastróficos, mapas, el relieve mexicano	101	1992
Nava, Alejandro	La inquieta superficie terrestre	113	1993
Nava, Alejandro	Terremotos	34	1987
Prol-Ledesma, Rosa María	El calor de la Tierra	58	1988
Otaola, Javier A. y José Fco. Valdés-Galicia	Los rayos cósmicos: mensajeros de las estrellas	108	1992
Valdés- Galicia, José Fco.	Nuestro hogar en el espacio	66	1988
Otaola, Javier A., Blanca Mendoza y Román Pérez	El Sol y la Tierra. Una relación tormentosa	114	1993
Aguayo, Joaquín Eduardo y Roberto Trápaga	Geodinámica de México y minerales del mar	141	1996
Cifuentes Lemus, Juan Luis; Pilar Torres-García y Marcela Frías Mondragón	El océano y sus recursos, III. Las ciencias del mar: oceanografía física, matemáticas e ingeniería	17	1986
Cifuentes Lemus, Juan Luis; Pilar Torres-García y Marcela Frías Mondragón	El océano y sus recursos, I. Panorama oceánico	2	1986
Cifuentes Lemus, Juan Luis; Pilar Torres-García y Marcela Frías Mondragón	El océano y sus recursos, IV. Las ciencias del mar: oceanografía biológica	24	1987
Cifuentes Lemus, Juan Luis; Pilar Torres-García y Marcela Frías Mondragón	El océano y sus recursos, II. Las ciencias del mar: oceanografía geológica y oceanografía química	12	1986
Cifuentes Lemus, Juan Luis; Pilar Torres-García y Marcela Frías Mondragón	El océano y sus recursos V. Plancton	35	1987

Cifuentes Lemus, Juan Luis; Pilar Torres-García y Marcela Frías Mondragón	El océano y sus recursos VI. Bentos y necton	46	1987
Cifuentes Lemus, Juan Luis; Pilar Torres-García y Marcela Frías Mondragón	El océano y sus recursos IX. La pesca	81	1989
Cifuentes Lemus, Juan Luis; Pilar Torres-García y Marcela Frías Mondragón	El océano y sus recursos VII. Flujos de energía en el mar: reproducción y migraciones	63	1988
Cifuentes Lemus, Juan Luis; Pilar Torres-García y Marcela Frías Mondragón	El océano y sus recursos X. Pesquerías	87	1990
Cifuentes Lemus, Juan Luis; Pilar Torres-García y Marcela Frías Mondragón	El océano y sus recursos VIII. El aprovechamiento de los recursos del mar	67	1988
Cifuentes Lemus, Juan Luis; Pilar Torres-García y Marcela Frías Mondragón	El océano y sus recursos XI. Acuicultura	90	1990
Cifuentes Lemus, Juan Luis; Pilar Torres-García y Marcela Frías Mondragón	El océano y sus recursos XII. El futuro de los océanos	100	1991
Fleischer, Luis A.	La ballena gris: mexicana por nacimiento	189	2002
Márquez-M., René	Las tortugas marinas y nuestro tiempo	144	1996
Blanco, Carlos	A la hora de comer ¿qué nos preocupa?	205	2005
Ezcurra, Exequiel	De las chinanmas a la megalópolis. El medio ambiente en la cuenca de México	91	1990
Boada, Martí y Víctor M. Toledo	El planeta, nuestro cuerpo. La ecología, el ambientalismo y la crisis de la modernidad	194	2003

Guerrero, Miguel	El agua	102	1991
Estrada, Alejandro y Rosamond Coates-Estrada	Las selvas tropicales húmedas de México. Recurso poderoso, pero vulnerable	132	1995
López, Tessy y Aureli Guerra	El amor en tiempos de contaminación	202	2004
Martínez, María Luisa	Las playas y las dunas costeras: un hogar en movimiento	226	2009
Schifter, Isaac y Carmen González-Macías	La Tierra tiene fiebre	211	2005
Rojas Garcidueñas, Manuel	De la vida de las plantas y de los hombres	98	1991
Soberón Mainero, Jorge	Ecología de poblaciones	82	1989
Schifter, Isaac	La huella invisible: humos, polvos y perfumes	225	2009
Vázquez Yanes, Carlos, et al.	La reproducción de las plantas: semillas y meristemas	157	1997
Vázquez Yanes, Carlos y Alma Orozco Segovia	La destrucción de la naturaleza	83	1989
Aboites, Vicente	Fusión nuclear por medio del láser	135	1994
Aguilar Sahagún, Guillermo	El hombre y los materiales	69	1988
Aboites, Vicente	El láser	105	1991
Aguilar Sahagún, Guillermo; Salvador Cruz Jiménez y Jorge Flores Valdés	Una ojeada a la materia	3	1986
Aboites, Vicente y José Vega	Enfriamiento de átomos por láser	185	2002
Altshuler, José	A propósito de Galileo	190	2002
Beltrán, Virgilio	Para atrapar un fotón	107	1992
Braun, Eliezer	Arquitectura de sólidos y líquidos	26	1987
Bosch, Pedro, et al.	Pioneros de las ciencias nucleares	120	1994
Braun, Eliezer	Caos, fractales y cosas raras	150	1996
Brandan, Maria Ester	Armas y explosiones nucleares. La humanidad en peligro	61	1988
Braun, Eliezer	Una faceta desconocida de Einstein	19	1986
Braun, Eliezer	Un movimiento en zigzag	13	1986
Bulbulian, Silvia; Eduardo Ordóñez	Reactores de fisión nuclear de hace miles de millones de años	209	2005

Regil y SulimaM. Fernández Valverte			
Bravo, silvia	Plasmas en todas partes	126	1994
Carmona, Gerardo, et al.	Michael Faraday: un genio de la física experimental	136	1995
Bulbulian, Silvia	La radiactividad	42	1987
Cetto, Ana María	La luz. En la naturaleza y en el laboratorio	32	1987
Fernández Álvarez-Estrada, Ramón y Marina Ramón Medrano	Partículas elementales	195	2003
Flores Valdés, Jorge	La gran ilusión, III. Las ondas gravitacionales	41	1988
Flores Valdés, Jorge	La gran ilusión, I. El monopolio magnético	11	1986
Flores Valdés, Jorge	La gran ilusión, IV. La fusión fría	110	1992
Flores Valdés, Jorge	La gran ilusión, II. Los cuarks	22	1987
García-Colín Scherer, Leopoldo	De la máquina de vapor al cero absoluto (calor y entropía)	5	1986
García-Colín Scherer, Leopoldo	Y sin embargo se mueven... Teoría cinética de la materia	36	1987
Hacyan, Shahen	Del mundo cuántico al Universo en expansión	129	1994
García-Colín Scherer, Leopoldo y Rosalío Rodríguez Zepeda	Líquidos exóticos	104	1992
Hacyan, Shahen	Relatividad para principiantes	78	1989
García-Colín Scherer, Leopoldo; Marcos Mazari y Marcos Moshinsky (coords.)	Niels Bohr: científico, filósofo, humanista	14	1986
Jiménez, Roberto (comp.)	Schrödinger: creador de la mecánica ondulatoria	117	1993
Ley Koo, Eugenio	El electrón centenario	165	1999
Martinell Benito, Julio	Los prometeos moderno o el esfuerzo por controlar la fusión nuclear	106	1993
Magaña Solís, Luis Fernando	Los superconductores	64	1988
Mejía Lira, Francisco y José Luis Morán López	El encanto de las superficies	111	1992
Malacara, Daniel	Óptica tradicional y moderna	84	1989



Menchaca Rocha, Arturo	El discreto encanto de las partículas elementales	68	1988
Peña, Luis de la	Albert Einstein: navegante solitario	31	1987
Piña Garza, Eduardo	Cacería de cargas	44	1987
Peña, Luis de la	Cien años en la vida de la luz	200	2004
Rangel Nafaile, Carlos E.	Los materiales de la civilización	29	1987
Peralta y Fabi, Ramón	Fluidos. Apellido de líquidos y gases	115	1994
Rickards Campell, Jorge	Las radiaciones I. Reto y realidades	8	1986
Rickards Campell, Jorge y Ricardo Cameras Ross	Las radiaciones II. El manejo seguro de las radiaciones nucleares	94	1991
Sametband, Moisés José	Entre el orden y el caos. La complejidad	167	1994
Ripa, Pedro	La increíble historia de la malentendida fuerza de Coriolis	128	1996
Schifter, Isaac	La ciencia del caos	142	1996
Ruiz Mejía, Carlos	Trampas de luz	27	1987
Tagüeña, Julia y Esteban Martina	De la brújula al espín: el magnetismo	56	1988
Talanquer, Vicente	Fractus, fracta, fractal: fractales, de laberintos y espejos	147	1996
Torre, Alberto Clemente de la	Física cuántica para filo-sofos	178	1992
Viniegra Heberlein, Fermín	Una mecánica sin talachas	7	1986
Berlanga Zubiaga, ricardo; Carlos Bosch Giral y Juan José rivaud Morayta	Las matemáticas, perejil de todas las salsas	163	2001
Illanes Mejía, Alejandro	La caprichosa forma del Globión	168	1999
Bosch, Carlos	El billar no es de vagos. Ciencia, juego y diversión	223	2009
Montejano Pemibert, Luis	La cara oculta de las esferas	75	1989
Bracho, Javier	¿En qué espacio vivimos?	77	1989
Ongay, Fausto	Máthema: el arte del conocimiento	177	2000
Peña, José Antonio de la	Álgebra en todas partes	166	1999
Prieto de Castro,	Aventuras de un duende en el mundo de	206	2005

Carlos	las matemáticas		
Bosch, Pedro	Fuego en el alma y en la vida infierno	180	2000
Chamizo, José Antonio y Andoni Garritz Ruiz	Química terrestre	97	1991
Bosch, Pedro e Isaac Shifter	La zeolita. Una piedra que hierve	55	1988
Códova Frunz, José Luis	La química y la cocina	93	1990
Bosch, Pedro y Graciela Pacheco	El carbono: cuentos orientales	139	1995
Garritz Ruiz, Andoni y José Antonio Chamizo	Del tequesquite al ADN. Algunas facetas de la química en México	72	1989
Ríos, José Luis de los	Químicos y química	228	2011
Romo de Vivar, Alfonso	Química, Universo, Tierra y Vida	51	1988
Rius de Riepen, Magdalena y Carlos Mauricio Castro-Acuña	Calor y movimiento	85	1989
Selva, Teresa de la	De la alquimia a la química	118	1993
Rius de Riepen, Magdalena y Carlos Mauricio Castro-Acuña	La química hacia la conquista del Sol	10	1986
Benítez-King, gloria	Melatonina: un destello de vida en la oscuridad	217	2008
Cortinas, Cristina	Cáncer: herencia y ambiente	96	1991
Brailowsky, Simón	Epilepsia. Enfermedad sagrada del cerebro	170	1999
Fernández Guardiola, Augusto	Las neurociencias en el exilio español en México	153	1997
Brailowsky, Simón	Las sustancias de los sueños. Neuropsicofarmacología	130	1995
Frenk, Julio	La salud de la población. Hacia una nueva salud pública	133	1994
García Barreto, David	Hipertensión arterial	179	2000
Martínez Palomo, Adolfo	Las amibas, enemigos invisibles	47	1987
Herreman, Rogelio	De los anteojos a la cirugía refractiva	76	1989
Orlandini, Alberto	El estrés: qué es y cómo evitarlo	172	1996

Martínez Cortés, Fernando	La medicina científica y el siglo XIX mexicano	45	1987
Paredes López, Octavio; Fidel Guevara Lara y Luis Arturo Bello Pérez	Los alimentos mágicos de las culturas indígenas mesoamericanas	212	2006
Pasantes, Herminia	De neuronas, emociones y motivaciones	158	1997
Pérez Tamayo, Ruy	Microbios y enfermedades	169	2000
Peña, Antonio	Qué es el metabolismo	184	2001
Pérez-Rincón, Héctor	El teatro de las histéricas y de cómo Charcot descubrió, entre otras cosas, que también había histéricos	162	1998
Pérez Tamayo, Ruy	De la magia primitiva a la medicina moderna	154	1997
Rodríguez Arnaiz, Rosario	Metabolismo de las toxinas ambientales	199	2004
Rodríguez Arnaiz, Rosario	Las toxinas ambientales y sus efectos genéticos	124	1994
Tudela, Victoria	El colesterol: lo bueno y lo malo	140	1996
Alegría, Margarita (coord.)	Cómo leer la Ciencia para todos. Géneros discursivos	207	2009
Braun, Eliezer	El saber y los sentidos	73	1988
Blanck-Cerejido, Fanny y Marcelino Cerejido	La muerte y sus ventajas	156	1997
Díaz, José Luis	El ábaco, la lira y la rosa: las reciones del conocimiento	152	1997
Blanck-Cerejido, Fanny y Marcelino Cerejido	La vida, el tiempo y la muerte	52	1988
Fernández-Rañada, Antonio	Los muchos rostros de la ciencia	192	1995
Hacyan, Shahen	Cuando la ciencia nos alcance	160	1998
Orlandini, Alberto	El enamoramiento y el mal de amores	164	1998
Hacyan, Shahen	Cuando la ciencia nos alcance II	186	2002
Pérez Tamayo, Ruy	Acerca de Minerva	40	1987
Manzanilla, Linda y Luis Barba	La arqueología: una visión científica del pasado del hombre	123	1994
Pérez Tamayo, Ruy	¿Existe el método científico? Historia y realidad	161	1990
Rebolledo, Francisco	La ciencia nuestra de cada día I	216	2007
Sarmiento, Antonio	El fantasma cuyo andar deja huella. La evolución del tiempo	103	1991

Río, Fernando del y León Máximo	Cosas de la ciencia	21	1987
Varios	Estampas de la ciencia, I	173	1999
Sarmiento, Antonio	Los disfraces del fantasma que nos horada. El concepto de tiempo en las ciencias y la tecnología	134	1994
Varios	Estampas de la ciencia, II	174	1999
Varios	Estampas de la ciencia, III	175	1999
Varios	Estampas de la ciencia, IV	198	2004

**TÍTULOS DE LA COLECCIÓN “VIAJE AL CENTRO DE LA CIENCIA” DE ADN EDITORES.**

	TÍTULO	AUTOR	TEMA
1	<b>Física y música</b>	José de la Herrán	Física
2	La bomba y sus hombres	Horacio García Fernández	Física y Química
3	¿Qué onda con el sida?	Blanca Rico y Patricia Uribe	Medicina (Biología)
4	Planeta azul, planeta gris	Mónica Lavín	Ecología (Biología y Química)
5	La química en el arte	Horacio García y Lena García	Química
6	Relatos de ciencia	Ana María Sánchez Mora	Varios
7	<b>Alimentos: del tianguis al supermercado</b>	Agustín López-Munguía Canales	Biología y Química
8	<b>El origen del Universo</b>	Miguel Ángel Herrera	Astronomía (Física)
9	<b>Cómo se contagian las enfermedades</b>	Alberto Palacios Boix	Medicina (Biología)
10	La casa química	José Antonio Chamizo y Rodrigo Chamizo	Química
11	<b>El beso virtual</b>	Juan Tonda Mazón	Física
12	Mosaico tecnológico	José de la Herrán	Varios
13	<b>La manzana de Einstein</b>	Francisco Noreña Villarías	Física
14	<b>Biotecnología: la lámpara de Aladino</b>	Horacio García Fernández	Biotecnología (Biología)
15	<b>Esto es el caos</b>	Edgar Gómez Marín	Matemáticas
16	<b>Las huellas del átomo</b>	Horacio García Fernández	Física y Química
17	<b>El genoma humano</b>	Alejandro Garcíarrubio Granados	Genética (Biología)
18	<b>Evolución: el río de la vida</b>	Nemesio Chávez Arredondo	Biología

19	<b>La escalera del Universo</b>	Carlos Chimal	Astronomía (Física)
20	<b>Cuentos cuánticos</b>	Sergio de Régules	Física
21	<b>Alimentos transgénicos</b>	Jaime Padilla Acero y Agustín López Munguía Canales	Biotecnología (Biología)
22	<b>Automedicación y medicinas alternativas</b>	Mario Méndez Acosta	Medicina (Biología)
23	<b>Bájate de mi nube electrónica</b>	Plinio Sosa Fernández	Química
24	<b>Cambio climático global</b>	Derlly González y Ernesto Márquez	Ecología (Biología y Química)
25	<b>Los brazos de Venus Arte, ciencia y tecnología a través del tiempo</b>	Carlos Chimal	Varios
26	<b>Fuentes renovables de energía y desarrollo sustentable</b>	Julia Tagüeña y Manuel Martínez	Física y Química