



Universidad Nacional Autónoma de México
Programa de Maestría y Doctorado en Filosofía de la Ciencia

Facultad de Filosofía y Letras | Facultad de Ciencias
Instituto de Investigaciones Filosóficas | Dirección General de Divulgación de la Ciencia

*Filosofía y Educación en Ciencia:
La Reforma Curricular de Primaria en México en los Años Setenta*

T E S I S

que para optar por el grado de:
Maestra en Filosofía de la Ciencia

P R E S E N T A:

María del Mar Estrada Rebull

T U T O R A S:

Dra. Mónica Gómez Salazar (Facultad de Filosofía y Letras)

I.Q. Cristina Rueda Alvarado (Facultad de Química)

Ciudad de México, Junio de 2016



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por la beca de la que gocé durante el periodo 2011-2013 como parte del programa de Posgrados de Excelencia, gracias a la cual pude cursar la maestría en Filosofía de la Ciencia y emprender esta tesis.

Quiero agradecer a mi tutora Mónica Gómez, quien ha sido mucho más que eso desde el momento en que me acerqué al posgrado: me ayudó, acompañó y animó en cada asunto, oficial o extraoficial, con enorme generosidad y diligencia (y sigue haciéndolo). Quiero agradecer también a mi cotutora, Cristina Rueda, quien aceptó ayudarme a dar rumbo a un proyecto que no parecía tenerlo, y por abrirme la puerta al mundo de la educación en ciencia en México.

Agradezco al resto de mi comité: A Carlos López Beltrán, por aportar de tantas maneras a comprensiones más integradas, *deslumbrantes*, novedosas y sofisticadas (como dijo en alguna clase) sobre la ciencia. A Antonia Candela, por las entrevistas en que compartió conmigo tantos detalles fascinantes y cruciales sobre la reforma curricular, así como por su revisión y aprobación desde una perspectiva doblemente privilegiada, como experta y como protagonista del caso de estudio. A Alejandra García-Franco, por su lectura y orientaciones que imprimieron vigencia al trabajo, desde el corazón de la investigación actual en el campo en México.

A Fernando Flores, gracias a cuyo seminario comencé a armar el rompecabezas de la educación en ciencia. A Rigoberto León-Sánchez por las numerosas sesiones y recursos que me brindó sin que mediara obligación o formalidad alguna. A Sarah Corona por su recurrente generosidad, aquí reflejada en compartir su pasión por las publicaciones infantiles de la SEP, y su reciente libro al respecto.

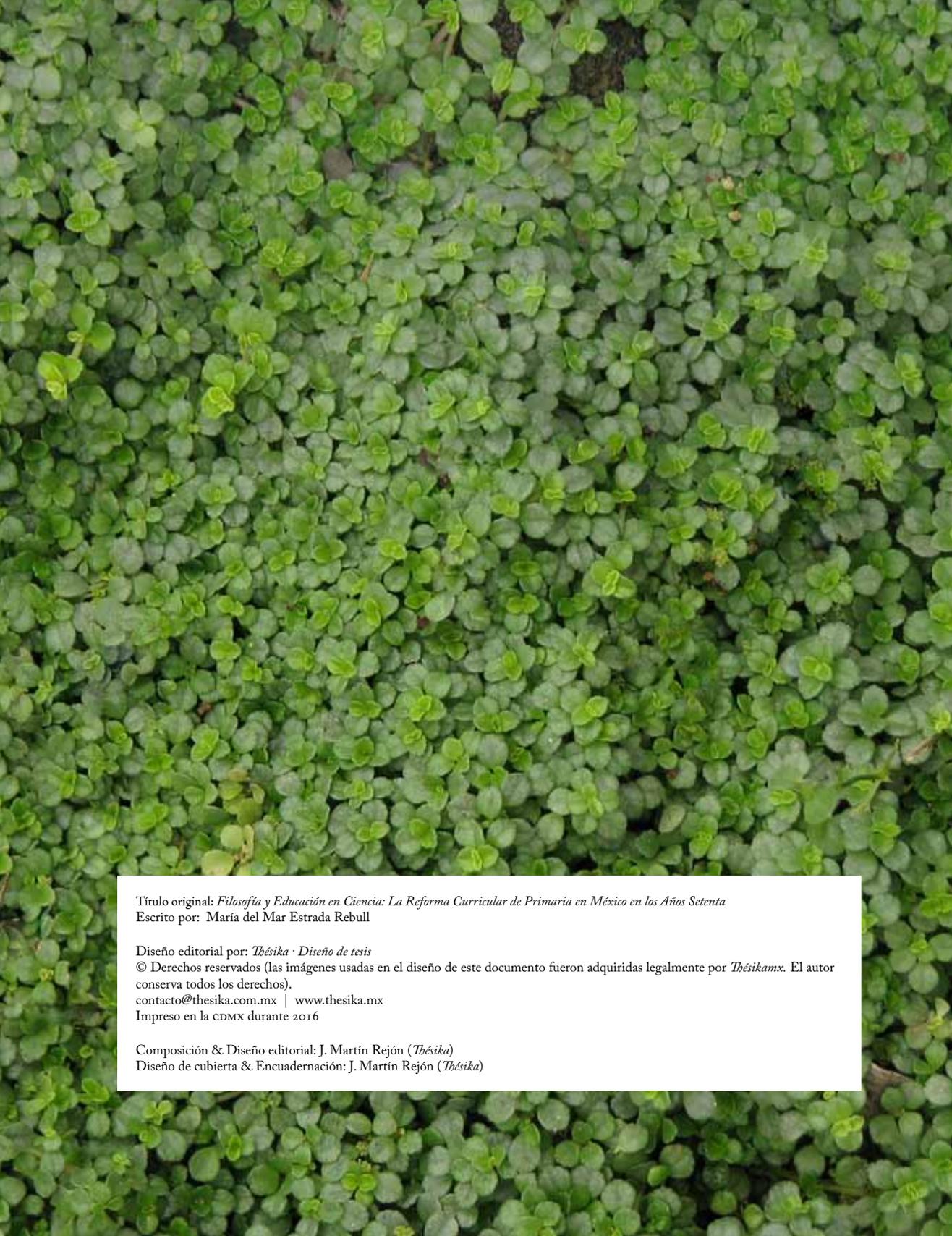
Quiero reconocer y agradecer a las bibliotecarias del Centro de Estudios Educativos (CEE), Magdalena Luna y Gloria Arenas, quienes me facilitaron la consulta no sólo de libros y revistas ubicadas dentro y fuera del país, sino también de los materiales originales de la reforma curricular: incluso documentos no publicados que parecían imposibles de consultar. Agradezco también a Lucila Mondragón y a Eliseo Brena, del área de Publicaciones del CEE, por su apoyo para digitalizar y corregir las imágenes incluidas en el anexo. En general, a mis jefes y jefas en el Centro de Estudios Educativos por facilitarme en todo el trabajo simultáneo en la maestría.

Agradezco a Marisela López, secretaria académica del Posgrado en Filosofía de la Ciencia, por su paciencia y compromiso para sacar adelante mi enrevesada situación académico-administrativa.

A las maestras y maestros de la Red de Centros Educativos Interculturales Wixáritari-Na'ayerite y a mis compañeras y compañeros del Programa Indígena Intercultural del ITESO, por años de convivencia y trabajo que me apuntaron a la pregunta por la cual emprendí este posgrado y esta tesis: ¿por qué las ciencias son parte del currículo nacional de educación obligatoria?

A mi mamá y mi papá, por estar ahí siempre, por darme y ofrecerme todo, por hacer tuyas todas mis metas, incluyendo ésta. A mi mamá, además, por enseñarme a escribir y por revisar los capítulos de la tesis.

A Mauricio, por acompañarme de principio a fin en esto y en todo.



*FILOSOFÍA Y EDUCACIÓN EN CIENCIA:
LA REFORMA CURRICULAR DE PRIMARIA
EN MÉXICO EN LOS AÑOS SETENTA*

María del Mar Estrada

Título original: *Filosofía y Educación en Ciencia: La Reforma Curricular de Primaria en México en los Años Setenta*
Escrito por: María del Mar Estrada Rebull

Diseño editorial por: *Thésika · Diseño de tesis*
© Derechos reservados (las imágenes usadas en el diseño de este documento fueron adquiridas legalmente por *Thésikamx*. El autor conserva todos los derechos).
contacto@thesika.com.mx | www.thesika.mx
Impreso en la CDMX durante 2016

Composición & Diseño editorial: J. Martín Rejón (*Thésika*)
Diseño de cubierta & Encuadernación: J. Martín Rejón (*Thésika*)

CONTENIDO

1. Introducción, encuadre y justificación	10
1.1 El caso seleccionado	16
1.2 Estructura del trabajo	21
2. ¿Qué es la educación en ciencia?	22
3. La 'Reforma Educativa' en el sexenio 1970-1976	38
4. Los reformadores del currículo de ciencias naturales	50
5. El nuevo currículo de ciencias naturales	62
6. Análisis de los libros	76
7. Conclusiones	94
Referencias	105
Anexos	111
Unidades de los libros de texto	111
Introducción a los libros del maestro	114
Muestras de los libros de texto	118
¿Enseñamos realmente a investigar la naturaleza?	169



1

INTRODUCCIÓN, ENCUADRE Y JUSTIFICACIÓN

La ciencia y tecnología son fenómenos ubicuos, a la vez que polivalentes. Por ello, pueden ser tema invaluable para la reflexión filosófica y social, lo cual se ha aprovechado de forma particularmente fructífera y novedosa desde la segunda mitad del siglo pasado. Los estudios filosóficos y sociales sobre la ciencia y la tecnología, no sólo las analizan como fenómenos epistémicos, sino también políticos, culturales, históricos, económicos y hasta estéticos. Con esto iluminan aspectos amplios y cruciales de nuestras sociedades que pasarían inadvertidos desde otros enfoques.

El repertorio intelectual de estos estudios ha influido hasta cierto punto en el ámbito de la enseñanza en niveles básicos. Desde los años setenta del siglo xx, actores internos y externos a la investigación educativa han abogado, a veces con éxito, por que en la escuela se socialicen nociones menos positivistas y más constructivistas, y se fomenten habilidades para enfrentar de manera crítica e informada situaciones de la vida cotidiana, cultural y política relacionadas con la ciencia y la tecnología. En parte, estas reivindicaciones han sido fomentadas por la filosofía¹.

En cambio, la educación en ciencia sólo ha figurado selectivamente en los estudios filosóficos y sociales sobre ciencia. El tema de la formación de los científicos profesionales, ese sí, ha estado desde siempre en el corazón del llamado *giro kuhniano*². *La preparación de los nuevos cuadros científicos se concibe como inherente a las dinámicas epistémicas y sociales de la empresa científica.* (Ver, por ejemplo, ya en *La estructura de las revoluciones científicas*, las consideraciones sobre el papel de la educación científica en la operación de los paradigmas: Kuhn, 2010, pp. 122 y ss.) Mientras tanto, no se encuentra una reflexión comparable sobre la educación en ciencia de niños y adolescentes. (En adelante, la educación en ciencia será referida como ‘EC’ – al inicio del siguiente capítulo se precisarán las implicaciones de esta denominación). Es indicativo que el *handbook* de estudios sobre ciencia y tecnología editado en Routledge por Kleinman y Moore (2014), no contenga ningún trabajo sobre el tema; o que en los últimos veinte años, la revista *Science, Technology & Human Values* de la Society for the Social Studies of Science sólo haya publicado tres artículos al respecto (se trata de los artículos de Roth, McGinn y Bowen, 1996; Roth y Bowen, 1999 y Turner y Sullenger, 1999).

Esta falta no sería de extrañar, desde una visión que considerara a la ciencia únicamente en sus ámbitos de producción: lo que pasara en las escuelas podría verse simplemente como una difusión del conocimiento sin mayor interés. Sin embargo, los estudios sobre ciencia a los que se ha referido, se carac-

¹ Matthews (1998) presenta un panorama de los estudios sobre la filosofía e historia de la ciencia que se hacen desde el campo de la enseñanza de la ciencia, mismos que se han diversificado, fortalecido e institucionalizado en años recientes. Duschl (1994) mapea la influencia que la filosofía de la ciencia ha tenido sobre la enseñanza de la ciencia, aunque por otro lado (1985) lamenta que esta influencia no haya sido mayor y más oportuna desde la aparición de los nuevos estudios sobre la ciencia en los sesenta en Estados Unidos.

² Para referirnos a esta inflexión en los estudios sobre la ciencia, que data de las últimas décadas del siglo xx, se hará aquí alusión al giro kuhniano, por economía de lenguaje, pero reconociendo que se trató, en todo caso, de un giro no unívoco, con diversas figuras centrales y que afectó a distintas disciplinas. Cabe citar a Beltrán y Gorbach (2008), pues brevemente hacen los matices y aportan el contexto pertinente. Hablan del «giro que experimentaron las ciencias sociales después de las guerras mundiales, de la guerra fría, del quiebre colonial y de las teorías radicales de las décadas de 1960 y 1970. A partir de entonces, la filosofía entró en sus vetas naturalistas y antifundacionistas, la antropología comenzó a cuestionar su estatus imperial, y los estudios sociales de la ciencia, los estudios de género y los estudios poscoloniales entablaron serias críticas a las concepciones eurocentristas que hacía el Norte sobre la historia, la ciencia y la jerarquización de las culturas y de las naciones. La versión peculiar que ese giro adoptó en los estudios de la ciencia se relaciona a menudo con la obra de Kuhn, pero al menos tanta importancia tuvo en ellos Foucault, y en años posteriores Ian Hacking, Bruno Latour y Donna Haraway; la reacción de la academia científicista ante esos desarrollos fue el episodio que se llamó las «guerras de la ciencia» (p. 18).

terizan por concebirla de una forma más amplia, en la que los aspectos institucionales, políticos, culturales, económicos y materiales relacionados, contribuyen a su comprensión cabal. La EC podría representar una parte no menor dentro de este entramado. Desde fines del siglo xix, la ciencia está firmemente posicionada, de una forma u otra, en los currículos de los sistemas educativos de los Estados modernos – esos dispositivos casi incomparables de socialización masiva. Esto ha implicado que, desde un inicio, ahí se gesten y transformen creencias, saberes, prácticas, valores y habilidades relativas a la ciencia. Esto que ocurre en las escuelas está en estrecha (u holgada) interrelación con los demás nodos que constituyen a la ciencia en la sociedad.

Uno de los episodios que mejor ilustran la reciprocidad entre la EC y la ciencia en general, lo tenemos en lo que McCormack (1992) llama la «primera revolución» en la enseñanza de las ciencias. Se trata de los esfuerzos que se hicieron en Estados Unidos desde finales de los años sesenta para renovar la enseñanza de las ciencias, principalmente con el auspicio de la National Science Foundation, después de que este país viera amenazada su superioridad científica (y con ella, su progreso económico y militar) por el lanzamiento del Sputnik por la URSS. Este fue un punto de inflexión en las concepciones sobre la ciencia y su enseñanza. En esa etapa, por ejemplo, se consideraba que lo que se debía hacer con los niños y adolescentes era enseñarles la ciencia «tal cual es», lo cual se ha problematizado en las últimas décadas. Así, en cierta medida, la definición misma de lo que es y lo que debería ser la ciencia, se llega a jugar en los niveles educativos básicos.

Han quedado atrás los tiempos en que se podía sostener que la enseñanza de la ciencia consistía en socializar métodos y proposiciones equivalentes a los de la ciencia profesional. El giro empírico que tomaron los estudios sobre la ciencia ha sacado a la luz la peculiaridad de las prácticas y saberes presentes en las comunidades científicas, que van mucho más allá de un cuerpo teórico susceptible de ser capturado y transmitido proposicionalmente³. Por otro lado, los científicos no observan la naturaleza sin más, sino que se someten a una socialización específica mediante la cual adoptan marcos teóricos, modos de pensamiento, problemas y líneas de investigación; y aprenden a interactuar con los fenómenos de maneras concretas, con la mediación de procedimientos, técnicas e instrumentos. Mientras tanto, la investigación educativa ha confirmado, desde otro ángulo, las diferencias epistémicas entre la escuela y la ciencia profesional. La EC – se sabe hoy – debe tomar en cuenta la edad de los niños, sus etapas de desarrollo cognitivo, su contexto social, las condiciones de las escuelas y las características de los profesores, así como

³ Incluso antes de este giro empírico, Ludwick Fleck (1986), que anticipó muchas de sus tesis, desarrolló la idea de que cualquier texto científico dirigido a un «grupo exotérico», necesariamente simplificará y presentará como definitivo lo que es tentativo dentro del grupo especializado. Las características de estos textos serán la simplificación, el grafismo y la apodicticidad; tanto más cuanto más alejado del grupo ‘esotérico’ esté el destinatario – y los libros de texto son, justamente, los más alejados (Fleck, 1986, pp. 160–161). Harry Collins y Robert Evans (2007) brindan una perspectiva contemporánea, desde la sociología de la ciencia, del significado y las implicaciones del conocimiento científico en los grupos especializados, en comparación con cualquier otro grupo ‘exotérico’, de lo cual se derivan también pistas para pensar sobre la EC.

la comunicabilidad y la relevancia de los contenidos científicos y tecnológicos. La constatación de estas particularidades fue parte de lo que motivó el surgimiento de una «segunda revolución» en la enseñanza de las ciencias (McCormack, 1992). Ha quedado claro que, aunque haya interrelación entre ciencia y enseñanza de la ciencia, la segunda constituye un fenómeno epistémico en sí mismo, inasimilable al primero⁴.

Volviendo a la idea anterior: en la enseñanza de la ciencia se llega a disputar el significado mismo de la ciencia. La educación es un ámbito en el que la pregunta por la ciencia no tiene un afán especulativo, pues se formula y se responde en función de la socialización deseada de las nuevas generaciones. En ciertos momentos, los encargados principales de idear esto han sido los mismos científicos. Han tenido que pensar qué es la ciencia, cómo hay que enseñarla fuera de las comunidades propiamente científicas y para qué – pues los maestros de escuela no suelen ser científicos, ni los alumnos suelen estar en un entrenamiento para serlo. Esto también cambió con la «segunda revolución» en la enseñanza de las ciencias: desde entonces no suelen ser sólo científicos quienes llevan la batuta. Sin embargo, las mismas preguntas siguen formulándose. La variedad de respuestas – desde la investigación, la formulación de currículos y la práctica educativa misma – forma un interesante y complejo abanico, similar a la ciencia misma en cuanto a su polivalencia⁵. Este *corpus* puede ser a la vez fuente de información, objeto de estudio y campo de interlocución para los estudios filosóficos y sociales sobre ciencia y tecnología.

⁴ Es necesario señalar, sin embargo, que durante toda la historia de la enseñanza de la ciencia se han explorado y explotado los paralelismos entre la ciencia profesional y el aprendizaje de la ciencia en niños y jóvenes. El mismo Piaget (1974) dedicó a esto parte de sus obras sobre epistemología genética: comparaba las etapas históricas de desarrollo científico con la forma en que los niños aprenden concepciones científicas. El libro de Driver (1983) *The Pupil as Scientist?* ha sido también muy relevante en el campo: caracteriza y ejemplifica el pensamiento de los chicos y las dificultades que enfrentan en las lecciones de ciencias a partir de la analogía del estudiante como científico, con ayuda de los desarrollos en psicología cognitiva y filosofía de la ciencia. Otros ejemplos contemporáneos de los paralelismos que se establecen entre la ciencia y la EC, están en Flores y Gallegos (1993) y Campanario (2002). También es pertinente señalar que las investigaciones sobre concepciones alternativas a las científicas que tienen los estudiantes, han encontrado muchas que podrían relacionarse con concepciones históricas: son claros los ejemplos de la noción de ímpetu y de los diferentes modelos atómicos.

⁵ Anderson (2007) agrupa en tres las principales corrientes de investigación actuales: la del cambio conceptual, la sociocultural y la crítica. Pedretti, E. y Nazir, J. (2011), por su parte, mapean las corrientes que existen al interior de lo que llaman educación «STSE» – *science, technology, society, and environment*, entre las cuales hay propuestas tan dispares como una centrada en la fabricación de artefactos para solucionar problemas cotidianos, y otra enfocada a formar activistas ambientales. León y López (2003) señalaban que la diversidad podía encontrarse en el seno mismo de los principales currículos que se promovían entonces en Estados Unidos. Les parecía interesante observar «la vigencia del debate que surgió desde el siglo XIX entre aquellos que sostienen como meta prioritaria la enseñanza de las disciplinas científicas y aquellos que consideran que lo fundamental es que la ciencia apoye el desarrollo social e individual de los estudiantes. Este debate podemos observarlo en dos de los proyectos más importantes que se están llevando a cabo actualmente en EUA: «ciencia para todos» (AAAS, 1989) y los «estándares nacionales» (National Research Council, 1995)» (p. 380). El reporte editado por Duschl, Schweingruber y Shouse (2007) brinda un panorama actual de la reflexión sobre estos temas.

Este trabajo tiene como **primer propósito** mostrar muchos de los aspectos de interés que la EC guarda para los estudios filosóficos y sociales sobre ciencia y tecnología, a través de la exploración de un episodio concreto y sus antecedentes. Se resaltarán diversas maneras en las que la comprensión del fenómeno de la EC puede complementar la comprensión del entramado de la ciencia y la tecnología. Adicionalmente, se hará patente que en el terreno de la EC existen tradiciones de reflexión e investigación sobre aspectos metodológicos, epistemológicos, cognitivos, axiológicos y sociales de la ciencia y la tecnología. Dichas tradiciones, muchas veces han seguido de cerca los desarrollos filosóficos, e incluso han compartido con ellos tramos e inflexiones. En otras ocasiones han tomado rumbos propios, al profundizar en las posibilidades y dificultades que entraña la enseñanza-aprendizaje de la ciencia para alumnos, docentes y comunidades escolares; lo cual podría ser también significativo para los estudios filosóficos y sociales.

Hay un **segundo propósito**. En el terreno educativo, la EC puede ser una fuente especial de complejidades. Muchas veces pareciera que otras áreas del currículo tienen un correlato más obvio con el desarrollo de los alumnos y con sus necesidades formativas, mientras que el sentido de la EC llega a ser más inaprehensible. También, muchas veces parece difícil que los docentes en general puedan tener un dominio disciplinar y didáctico suficiente para esta tarea. Sucede, en efecto, que la asignatura de ciencias naturales en primaria suele quedar relegada en el tiempo escolar, entre otras dificultades características. Observaciones como éstas pueden llevar a preguntarse *por qué* las ciencias naturales forman parte del currículo. Un tipo de respuesta nos la podría brindar el currículo mismo. El Acuerdo 592, documento curricular vigente en México para la educación básica, nos informaría del enfoque de la asignatura y de las competencias que pretende desarrollar en los alumnos. También la literatura especializada nos orientaría respecto de los objetivos que pueden y deben perseguirse. Sin embargo, el porqué de la EC también puede abordarse desde una perspectiva como la que adoptan los estudios filosóficos y sociales sobre ciencia respecto de sus objetos: buscan comprenderlos, e incluso problematizarlos, en tanto fenómenos histórica y socialmente determinados. No se trata de suscribir ni de prescribir algún enfoque de la EC en particular, sino de describir cómo ha llegado a ser esta EC – fenómeno con el que prácticamente todos tenemos contacto, y que está firmemente asentada en los programas educativos desde hace más de un siglo.

Este trabajo pretende entonces una aportación recíproca. Mediante el estudio de un caso, busca señalar aspectos de interés que el fenómeno de la EC tiene para los estudios filosóficos y sociales sobre ciencia y tecnología; y busca al mismo tiempo arrojar la mirada propia de dichos estudios sobre ese fenómeno.

1.1 EL CASO SELECCIONADO

El caso elegido para desarrollar estos propósitos es el de la reforma curricular en primaria en los años setenta en México. Enfocarse en una reforma curricular implica analizar un momento de explicitación de diagnósticos, expectativas, propuestas y justificaciones. Además, en palabras de María Teresa Guerra (2012),

El currículo oficial es un instrumento altamente configurador de la realidad escolar. A partir de él se definen y derivan aspectos pedagógicos y administrativos, la generación de materiales educativos, lineamientos de evaluación e innovaciones potenciales a la práctica pedagógica, entre otros. En el SEN [Sistema Educativo Nacional], uno de los instrumentos predilectos para el mejoramiento de la enseñanza en la educación básica ha sido la reforma al currículo oficial. Las propuestas curriculares han sido de alcance nacional, se gestionan e impulsan desde la Secretaría de Educación Pública, y son diseminadas mediante documentos y publicaciones oficiales que tienen un carácter prescriptivo y obligatorio.

Si bien el contexto y la cultura escolar tienen un profundo impacto en las prácticas pedagógicas, también los elementos de política educativa, como las reformas curriculares, actúan como fuerzas externas, diseñadas específicamente para orientar las prácticas en cierta dirección (pp. 79-80).

Cabe mencionar que el estudio de las reformas curriculares del pasado no está suficientemente abordado ni siquiera en el propio campo de la investigación educativa. López y León (2003) estimaban que era una tarea pendiente «realizar un estudio histórico de los procesos de reforma curricular en el campo de la educación en ciencias naturales» (p. 383), dado que había muy poca y dispersa información al respecto: faltaban evaluaciones sistemáticas previas, durante y posteriores a la implantación de las reformas (p. 392). Nueve años después Candela, Sánchez y Alvarado (2012), repetían ese mismo diagnóstico (p. 26). Estos autores, además denuncian lo siguiente: «Con frecuencia se ha considerado que una reforma es necesaria para plantear cambios, sin tomar en cuenta que muchos de ellos son semejantes a los planteados en reformas previas (...) Es imperativo retomar las experiencias de programas y prácticas educativas exitosas que se han detectado y documentado en reformas anteriores...» (Candela, Sánchez y Alvarado, 2012, p. 32).

El currículo como objeto de estudio puede significar diferentes cosas. López y León (2003) distinguen dos dimensiones del currículo. Una es la del *currículo como estructura*, y otra el *currículo como proceso*. La primera se refiere propiamente al contenido del currículo, y comprende los referentes teóricos, los objetivos, los criterios organizativos, los referentes temáticos y los referentes de evaluación. La segunda tiene que ver con la puesta en práctica del currículo, y comprende aspectos como la gestión escolar, el desempeño de los docentes, los desarrollos didácticos, el dominio disciplinar y las concepciones de ciencia y de aprendizaje de los profesores (pp. 369-370).

La primera dimensión solía ser la única a la que remitía la noción de currículo durante la «primera revolución» en la enseñanza de las ciencias: remitía a los planes de estudio prescritos para la enseñanza. Sin embargo, los profundos cambios que siguieron incluyeron también una ampliación de la noción misma de currículo, para abarcar lo que López y León llaman *currículo como proceso*. Esta ampliación de la

perspectiva sobre lo que es el currículo en ciencias naturales, sin embargo, ha llevado a cierta indefinición del mismo como objeto de estudio para fines de investigación:

Los aportes de los estudios que se realizaron desde una visión más amplia y profunda de los procesos curriculares [en los 90, en Estados Unidos] mostraron la complejidad de los procesos involucrados en la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias naturales y la necesidad de abordar los problemas curriculares desde diversas perspectivas con el apoyo que pueden brindar disciplinas como la sociología, la antropología, la psicología y la filosofía entre otras. Esta ampliación de la visión a la vez desdibujó las fronteras de lo que podríamos considerar procesos propiamente curriculares. El estado en que se encuentra la investigación nos permite cuestionar una visión restringida de currículo pero todavía no nos da la claridad suficiente para poder delimitar con mayor claridad el objeto de la investigación curricular de otros objetos de la investigación en la educación en ciencias naturales, como podrían ser los procesos de aprendizaje o de enseñanza de los conocimientos y métodos de la ciencia (López y León, 2003, p. 387).

En este trabajo, el interés se centrará en el proceso de elaboración del currículo como estructura, pues ahí, en medida no despreciable, se juega la configuración de la EC, y en el que intervienen decisiones, negociaciones y justificaciones explícitas. Se describirá la manera en que se designó a cierto grupo de personas para hacerlo, y cómo dicho grupo lo realizó. También se revisarán diferentes aspectos del *currículo como estructura* (su contenido), que reflejan las ideas y las elecciones de sus autores. Puesto que el estudio estará delimitado a la producción del currículo como documento, el *currículo como proceso* (su implementación) sólo se abordará marginalmente.

Dado que el trabajo constituye un acercamiento exploratorio al fenómeno educativo desde los estudios filosóficos y sociales, estudiar el proceso de gestación de un currículo resulta conveniente, ya que permite considerar un espectro amplio de elementos involucrados: los aspectos políticos, institucionales, ideológicos, epistemológicos, entre otros. El caso concreto de la reforma de los setenta tiene características muy discernibles que lo vuelven idóneo para este propósito. Para empezar, se trata de una reforma importante. Fue la primera reforma curricular de educación básica en México desde los cincuenta, y continuó vigente por más de dos décadas. La reforma educativa decretada por Echeverría buscaba «reconstruir la legitimidad perdida en 1968 y revitalizar la ideología oficial con un discurso pedagógico nacionalista más actualizado» (Candela, Sánchez y Alvarado, 2012, p. 13). El año de 1968 había sido convulso tanto a nivel nacional como internacional, y uno de los motivos de protesta era la obsolescencia del «viejo contrato social de la ciencia» (según el cual debía darse presupuesto y carta blanca a los científicos, quienes ya se encargarían de devolver variados e importantes beneficios a la sociedad)⁶. Es interesante preguntarse

⁶ Este «viejo contrato» tuvo su más emblemática expresión en el reporte de Vannebar Bush (1945) al presidente de los Estados Unidos.

qué fue lo que se concibió, en estas circunstancias, como un currículo en ciencias pertinente para un país como México.

La forma en que fueron elaborados el currículo y los libros de texto es informativa también desde el punto de vista del rol de los expertos. Se convocó, sobre todo, a científicos de las distintas disciplinas para elaborar los planes de estudio y los libros de texto, a diferencia de los libros anteriores, que eran elaborados por maestros normalistas. Esto dio una primera forma al campo de la investigación en enseñanza de las ciencias en México, con la formación de grupos especializados en el Departamento de Investigaciones Educativas del Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional (DIE-CINVESTAV) y en la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) (Candela, Sánchez y Alvarado, 2012, p. 13; y López y León, 2003, p. 384). ¿Qué papel jugaron estos expertos, y qué saberes, recursos e intereses pusieron en juego? En los sesenta, Hilda Taba (1962) había propuesto una metodología para el desarrollo curricular, que implicaba un largo proceso a partir de innovaciones en las aulas, y que asignaba diferentes roles a maestros, investigadores, especialistas en las disciplinas y científicos sociales. Esta propuesta contrastaba con el esquema seguido durante la «primera revolución», en el que los científicos lideraban y tomaban las decisiones. ¿Cómo fueron distribuidas las funciones en el caso de la reforma mexicana de los setenta? Es significativo el rol de los diferentes expertos en una empresa que implica al conocimiento científico, pero que es híbrida por definición.

Finalmente, la reforma curricular de los setenta se encuentra en una situación que puede ser sugestiva desde una mirada desarrollada en las últimas décadas en los estudios históricos sobre la ciencia: la perspectiva historiográfica y política *desde el sur*⁷. La historiografía tradicional concibió a la ciencia como un conocimiento acorde con la racionalidad, el progreso y la excelencia de la modernidad occidental. Ante esto, la ciencia en las regiones periféricas y no occidentales sólo podía entenderse como un apéndice de la historia central; como una difusión más pronta o más tardía, más exitosa o más fallida, de *la* ciencia. Este y otros presupuestos habían sido obstáculos para analizar el fenómeno con mayor objetividad y apertura. Frente a esto, se conjugaron el *giro kubniano* y las reflexiones propias de los historiadores del sur para plantear un nuevo modo de abordar su objeto. Ellos han asumido que las ciencias no son conocimientos sin más, sino «*saberes*, es decir, prácticas culturales insertas en complejas relaciones de poder (...) es esto a lo que podríamos llamar el *sesgo local*, a la necesidad de analizar la raíces históricas y sociales de los problemas epistemológicos» (Beltrán y Gorbach, 2008, p. 19). Este encuadre ha permitido ubicar la ciencia del sur en el marco de las relaciones de dominación, pero también, ubicar las innovaciones, las negociaciones y las adaptaciones locales que se dan en el sur (Greiff y Nieto, 2008). Esto viene a cuento dado que los principales desarrollos en enseñanza de la ciencia han surgido en los países del norte, bajo sus propias lógicas – como ilustra el caso de la «primera revolución», que ya se ha expuesto. Por supuesto,

⁷ En este contexto, el «sur» representa una categoría política, más que geográfica.

la importación de prácticas, ideas y valores de países desarrollados hacia países del sur es siempre una parte de la historia, pero nunca es la historia completa⁸.

La situación de la reforma curricular de los setenta parece privilegiada para esta mirada, puesto que se ubica en una etapa temprana de la transición entre la primera revolución en la enseñanza de las ciencias y la segunda. En países del norte, desde mediados de los setenta y durante los ochenta, a partir de un acercamiento a lo que ocurría en las aulas de clases, y a partir de los desarrollos en los terrenos psicopedagógico y epistemológico, se terminó por decretar el fracaso de la «primera revolución» y ofrecer las bases para la segunda (López y León, 2003, pp. 378-379). A decir de López y León, «En México, los grupos que participaron en las reformas curriculares que se realizaron durante la década de los setenta recibieron la influencia de este movimiento [la segunda revolución]» (p. 379). Sin embargo, la reforma se dio a inicios de la década de los setenta, es decir, en una etapa muy inicial, incluso marginal, del movimiento aludido (Duschl, 1985). Entonces, ¿en qué consistió exactamente esta influencia? ¿Cómo fueron las dinámicas de interacción con los desarrollos externos, y cuáles fueron las innovaciones, negociaciones y adaptaciones locales? ¿Tuvo la reforma mexicana algún papel como antecedente de la «segunda revolución»? En el contexto de un país culturalmente diverso, y con un fuerte componente rural, ¿hubo anticipaciones respecto de problemas que se plantearían más adelante, como la crítica a la importación y homogeneización de currículos, o el cuestionamiento de la pertinencia cultural de la enseñanza de la ciencia en contextos diferentes a los occidentales y desarrollados?⁹ ¿Qué insumos, reflexiones y propuestas entraron en juego?

1.2 ESTRUCTURA DEL TRABAJO

En el presente capítulo se ha expuesto la intención de mostrar la relevancia de abordar la EC desde los estudios filosóficos y sociales sobre la ciencia, a través del análisis del caso de la reforma mexicana de los años setenta en primaria.

⁸ Desde el Porfiriato, por ejemplo, el proyecto educativo que se propugnó bajo la bandera del positivismo europeo, en el contexto de la construcción de un Estado y de sus instituciones, fue a la vez un proyecto que se engarzó con tradiciones y debates locales. En él participaron diversos actores para la generación de propuestas educativas que intentaban responder a las necesidades, aspiraciones y posibilidades del contexto.

⁹ «Ingle y Turner (1981) después de examinar currículos de ciencias naturales de varios países, señalan que ha habido una gran transferencia de contenidos y métodos principalmente de los países desarrollados a los del Tercer Mundo, este proceso y sus resultados están siendo seriamente cuestionados desde una corriente de pensamiento (Olugbemiro y Akinsola, 1991; Masakata, 1995; Atwater, y Riley, 1993) que critica la tendencia a la homogeneización de propuestas curriculares de educación en ciencias, que hoy en día se concreta en la implantación de estándares nacionales. Desde una posición que toma en cuenta la diversidad cultural se cuestiona que la ciencia occidental deba ser considerada como universal, proponen definirla como una subcultura de la cultura occidental (Aikenhead, 1997) y considerarla como tal en los currículos de ciencias naturales, dando cabida a conocimientos que provienen de otras culturas, en particular de la cultura de origen de los estudiantes a los que va dirigido el currículo. Dada la diversidad cultural y étnica que existe en nuestro país este es un debate que no podemos soslayar» (León y López, 2003, p. 392). El problema efectivamente ha sido estudiado: por ejemplo, por Lazos y García (2011).

En el Capítulo 2 se repasarán las principales inflexiones históricas de la enseñanza de la ciencia con un triple propósito: delinear lo que ha sido este fenómeno, apuntar los tramos y temas comunes con la filosofía, y proveer los antecedentes del caso a tratar.

En el Capítulo 3, a modo de inserción en las circunstancias específicas de este episodio, se presentará el contexto político y la 'Reforma Educativa' mexicana del sexenio de Echeverría (1970-1976), que fue el marco de la reforma curricular. En el Capítulo 4 se examinará la conformación del equipo de científicos y otros especialistas que se encargó de elaborarla.

En el Capítulo 5, con la ayuda de los elementos ya presentados y de otros documentos, datos y testimonios complementarios, se caracterizará la empresa de los reformadores del currículo y se la situará en el panorama amplio de la enseñanza de la ciencia.

En el Capítulo 6 se mostrará cómo se concretó la reforma en los materiales que finalmente llegaron a manos de alumnos y maestros – los libros de texto y los libros para el maestro –, y se considerará la luz que estos arrojan sobre el fenómeno de la ciencia escolar en general y sobre este episodio en particular.

En el último capítulo se discutirán las implicaciones que el caso estudiado tiene para las tesis aquí planteadas. A la luz de un peculiar momento histórico en México, en el que hubo expectativas igualmente particulares para la ciencia y la tecnología, se analizará cómo la consideración del fenómeno de la EC complementa el panorama de la ciencia en la sociedad; cómo constituye un campo de interlocución para los estudios filosóficos y sociales, y cómo estos pueden aportarle una mirada novedosa. Se propone, en fin, un diálogo entre dos áreas que son poco comprendidas a pesar de su importancia, pero que tienen la posibilidad de enriquecerse mutuamente: la enseñanza de la ciencia y los estudios filosóficos y sociales sobre ciencia y tecnología.

§



2

¿QUÉ ES LA EDUCACIÓN EN CIENCIA?

En este trabajo se hablará de la educación formal y escolarizada, relativa a la ciencia, que tiene lugar en los niveles básicos, con fines educativos generales, y no como parte de una formación especializada ni profesionalizante. Se optó por la formulación *educación en ciencia* (ec) por su neutralidad, frente a otras que se refieren a enfoques particulares o pueden tener otras implicaciones, tales como *ciencia escolar*, *educación científica* o *alfabetización científica*. Aunque se usa el término en singular, se refiere tanto al conjunto de la ciencia como a las ciencias particulares, como lo denota la expresión en plural *educación en ciencias*. Asimismo, se optó por hacer referencia sólo a la educación ‘en ciencia’, y no ‘en ciencia y tecnología’, dado que, aunque la tecnología también ha figurado en la educación y en los currículos (y por tanto figurará a lo largo de este trabajo), no es sino hasta tiempos recientes que la tecnología se ha ligado explícita e intencionadamente a la ciencia en el ámbito curricular. De hecho, aunque el currículo mexicano de los setenta es de ciencias naturales, la tecnología figura prominentemente, como se verá más adelante.

El fenómeno de la EC es relativamente reciente. Más reciente aún es la rápida expansión de la educación básica, hasta llegar casi a universalizarse en muchos países, incluyendo a México. Sin embargo, hay antecedentes relevantes que pueden rastrearse hasta el siglo XVII. Desde entonces, las preguntas en torno a por qué enseñar ciencia en la escuela, qué enseñar y cómo enseñarla, han recibido respuestas muy diferentes (aunque con constancias y recurrencias). Esta variedad de corrientes y esta evolución han ido de la mano de virajes históricos, sociopolíticos e ideológicos; y de la mano, también, de las transformaciones en la misma ciencia y en la educación en general.

Existen diferentes conceptualizaciones de lo que ha sido la enseñanza de la ciencia, así como distintas periodizaciones y encuadres temporales y espaciales (Akker, 1998, p. 423). Aquí se han seleccionado algunos aspectos de estos recuentos¹⁰, con un triple objetivo: delinear el fenómeno, sugerir temas de convergencia con los estudios sobre la ciencia y brindar un contexto para situar la reforma mexicana que se analizará.

En el siglo XVII – no mucho después de los manifiestos experimentalistas de Bacon – surgieron las primeras preocupaciones y propuestas para dar cabida a la ciencia en los salones de clase. Los procesos de profesionalización e institucionalización de las ciencias experimentales han estado imbricados con diferentes formas de ‘educación’ y participación de legos y amateurs, mismas que han sido estudiadas por historiadores, filósofos y sociólogos de la ciencia. También se ha documentado y reflexionado desde esas disciplinas sobre temas como el entendimiento público de la ciencia. Un asunto diferente es la educación en los niveles básicos, pues se trata de adultos procurando una enseñanza de las ciencias (en sus muy diversas acepciones) como parte de la socialización de la joven generación en las instituciones de educación formal.

Es esto a lo que se hace referencia aquí al hablar de los primeros antecedentes de la EC en el siglo XVII. Entonces, se trataba de propuestas más que de realidades. En 1658, John Amos Comenius publicó lo que se podría considerar el primer libro de texto escolar de ciencias naturales: su *Orbis Sensualium Pictus*. Desde estos tempranos comienzos, la enseñanza de la ciencia era de raigambre empirista: Comenius consideraba que las ideas provienen de la experiencia, por lo que a los niños se les deben presentar materiales del entorno natural, y era esto lo que representaban las ilustraciones en su libro (Bybee y DeBoer, 1994, p. 360). Desde el siglo XVIII, algunos científicos como Joseph Priestley abogaron por la enseñanza experimental de la ciencia desde la escuela elemental: «[Priestley] sostenía que era necesario que los niños hicieran los experimentos con sus propias manos, y que se enfrentasen desde muy temprana edad con la teoría y la práctica del trabajo inquisitivo» (Gutiérrez-Vázquez, 2004, p. 93).

¹⁰ Especialmente el de Bybee y DeBoer (1994), que presentan la historia de la enseñanza de la ciencia a partir de tres objetivos que van apareciendo, alternándose y resignificándose: la adquisición de conocimiento científico como fin en sí mismo, el aprendizaje del «método científico» como medio para distintos fines, y la educación en ciencia como medio para el desarrollo personal y social.

Por otra parte, desde mediados del siglo XVIII, influyentes educadores europeos como Rousseau, Pestalozzi, Froebel y Herbart abogaron por un estilo de educación diferente al autoritario y memorístico que hasta entonces imperaba: que fuera respetuoso de los procesos de los niños, que promoviera su reflexión y su aprendizaje autónomo a partir de la experiencia. Sin embargo, en las escasas instancias en que la enseñanza de la ciencia llegaba a ocurrir, se situaba más bien en la práctica escolástica, o en la tradición de estudios clásicos del Renacimiento: como parte de la formación de varones cultos, se estudiaba la historia natural, cuyo objeto era la creación divina, para adquirir «un cierto *corpus* de «información interesante» sobre la naturaleza» (Gutiérrez-Vázquez, 2004, p. 94).

El ideario de la Revolución Francesa, heredero de la Ilustración, postulaba la creación de un Estado en el que la ciencia y la tecnología tendrían un papel central, impulsando la producción económica y el bienestar social, con la participación tanto de científicos y tecnólogos como de una ciudadanía educada. Este ideal se constituyó en un referente de los Estados-nación modernos, que continúa vigente hasta ahora. En los años posteriores a la Revolución en Francia, se volvió realidad en muchos sentidos: los científicos se colocaron en puestos de influencia social y política, el Estado posrevolucionario impulsó la formación de cuadros de tecnólogos según los nuevos proyectos de infraestructura, industriales y bélicos, y creó mecanismos para regular y desarrollar áreas de la vida tales como la medicina y la educación. Sin embargo, en general la ciencia y la educación permanecieron separadas: aunque en algunas instancias se introdujeron materias científicas en niveles no especializados (y de manera más importante, en la *École Polytechnique*), durante mucho tiempo la ciencia continuó perteneciendo exclusivamente a un pequeño grupo de individuos, que realizaban investigación y preparaban a sus nuevos cuadros al margen de las instituciones educativas y del público en general (Ben-David, 1970).

Así, todavía finalizando el siglo XVIII y comenzando el XIX, la ciencia a menudo no figuraba ni siquiera en las escuelas de los países industrializados. En este contexto, el anatomista inglés Thomas Huxley (y de forma similar, su compatriota Herbert Spencer), fue un importante abogado de la necesidad de incluirla. Argumentaba que la ciencia y la tecnología se habían convertido en partes cruciales de la civilización, por lo que la educación estaba obsoleta sin ellas; pero además defendía que el estudio de la ciencia fortalecería las facultades inductivas y observacionales a partir de datos empíricos, cosa que no lograría el estudio de ninguna otra disciplina:

Al enseñarle botánica, debe manipular las plantas y disecar las flores él mismo; al enseñarle física y química, usted no debe apresurarse a llenarlo de información, sino que debe ser cuidadoso de que lo que aprenda lo sepa por su propio conocimiento. No se dé por satisfecho con decirle que un imán atrae el hierro. Permítale ver que en efecto lo hace; déjelo sentir por sí mismo cómo uno tira del otro. Y especialmente, dígame que es su deber dudar, hasta que la autoridad absoluta de

la Naturaleza lo convenza de creer lo que está escrito en los libros (Huxley, 1899, p. 127) (Bybee y DeBoer, p. 361)¹¹.

Concebía la enseñanza de la ciencia como una práctica que integraba el *ethos* atribuido a la ciencia experimental.

En México, desde la Colonia había existido una tradición de ciencia secular, empirista, experimental y utilitarista, que tuvo también sus vertientes educativas: «Las corrientes científicas modernas se difundieron a través de los esfuerzos pedagógicos de los jesuitas y más tarde mediante el periodismo ilustrado de los criollos, hasta consolidarse en las cátedras de las modernas instituciones borbónicas» (Azuela, 2010, p.173). Con la Ley de Instrucción Pública de 1867, en el contexto de las Leyes de Reforma y bajo la influencia de Gabino Barreda, se decretó la educación laica, obligatoria y gratuita, y se creó la Escuela Nacional Preparatoria (seguida por instituciones similares en todo el país), que encarnaba el ideal positivista, y que buscaba formar a los cuadros técnicos y científicos necesarios para la modernización proyectada del país.

...la vieja tradición liberal de los institutos científicos y literarios, de los colegios civiles y de los liceos no sólo quedó en pie, sino que mejoró considerablemente, tanto en el contenido de sus enseñanzas como en el equipo didáctico que manejaban. Todos estos colegios tenían laboratorios químicos, gabinetes de física, observatorios meteorológicos y astronómicos, museos de historia natural y de arqueología mexicana y bibliotecas públicas (Álvarez, 1982, pp. 111-112).

En el Porfiriato continuó la suscripción de los dirigentes a la filosofía positivista, y los «científicos» del régimen vieron en la ciencia y la tecnología una manera de legitimarlo, mediante la idea de México como un estado moderno, que como tal podía insertarse en el concierto mundial de las naciones¹². En el ámbito educativo, en el Primer Congreso de Instrucción Pública (1889-1890), se confirma la consigna de la educación laica, obligatoria y gratuita, tal como se había acuñado en Francia en años anteriores (la educación francesa fue el claro referente con el que se moldeaba la mexicana). La educación sería también moderna, científica, positivista y comptiana. Se consultaron los planes de estudio de primaria de todos los países para adaptar uno mexicano, que incluyó como materias «la instrucción moral y cívica, lengua nacional, lecciones de cosas, aritmética, ciencias físicas naturales, geometría, geografía, historia, dibujo, canto, gimnasia y labores manuales para niñas». (Álvarez, 1982, pp. 63-64). Durante el Segundo Congreso

¹¹ Traducción libre del fragmento de Huxley, citado por Bybee y DeBoer. La referencia original es la siguiente: Huxley, T. H. (1899). *Science and education*. New York: Appleton.

¹² Mauricio Tenorio (1998), mediante el estudio de la participación de México en las exposiciones universales – especialmente la de París en 1889 –, muestra cómo el anhelo del régimen porfiriano de mostrar al país como una nación moderna, catalizó proyectos tecnológicos y científicos, pero sobre todo, un discurso científico acorde con el de los países occidentales poderosos.

de Instrucción Pública (1890-1891) también se hizo sentir la herencia de los educadores europeos del XVIII (Bazant, 2006, pp. 65- 69). En síntesis: aunque con antecedentes propios de su configuración histórica, el siglo XX mexicano nace con la enseñanza de la ciencia inserta en el currículo de primaria en una tónica similar a la internacional. Las ciencias habían llegado al currículo mexicano para quedarse, aunque en los siguientes periodos variaran los énfasis y los objetivos.

Esto no quiere decir que la EC llegara a toda la población: la educación básica porfiriana distó mucho de generalizarse: sólo alcanzó a un sector minoritario, más algunas experiencias novedosas a lo largo del país. Fue el caso de Tamaulipas:

Tamaulipas unió en sus dos años de primaria superior todas las materias técnicas y científicas como nociones de topografía, contabilidad, zoología, botánica, mineralogía y geología, o sea que todos los niños tenían que llevar el ciclo completo. Las niñas llevaban menos asignaturas de carácter científico pero podían estudiar economía doméstica, fisiología e higiene y horticultura y floricultura. Adicionalmente, y fue caso único en la república, era obligatorio un curso de la historia local, desde los primeros pobladores hasta el presente (Bazant, 2006, p. 38).

Los siguientes periodos educativos en México, según una periodización de Pablo Latapí, fueron el vasconcelista (deklaradamente antipositivista) y el socialista (Latapí, 1998, pp. 21-42). En cada uno de estos periodos, al igual que en el porfiriano, los proyectos de nación que se impulsaron contemplaron de una forma u otra la idea de volver a México un país moderno, próspero y racional con la ayuda de la ciencia, la tecnología y la educación: se trata de una reiteración proveniente de la matriz ilustrada, que como veremos, se reeditará también en el caso aquí estudiado. En estos periodos, aunque con distintos énfasis y objetivos cambiantes, se siguieron contemplando a las ciencias experimentales con base empírica como parte importante de la educación elemental, y desde entonces ha sido así.

Se han referido hasta ahora los antecedentes europeos de la EC, y de la educación en general, que fueron referentes para formar el sistema educativo mexicano. Sin embargo, desde finales del siglo XIX e inicios del XX, Estados Unidos fue quien tomó la batuta de las innovaciones en enseñanza de la ciencia, mismas que serán descritas en cierto detalle, pues en sólo medio siglo se gestaron ahí muchos de los enfoques y debates que hasta ahora tienen vigencia. Surgieron inicialmente dos corrientes principales y opuestas entre sí. La primera de ellas fue la de ‘ciencia elemental’: *Elementary School Science*. W.T. Harris (1896) y E. G. Howe (1894) formularon los primeros currículos completos de ciencia para la educación elemental (contemplando que la ciencia fuera sólo una parte de programas predominantemente humanísticos). La novedad del enfoque estaba en basar el contenido en generalizaciones científicas, más que en hechos o datos aislados, y en que el trabajo empírico y de laboratorio figurara como método de aprendizaje. El objetivo principal era la adquisición del conocimiento de las disciplinas científicas. Así,

las propuestas de Harris y Howe sentaron importantes precedentes que configuran los programas hasta nuestros días, aunque en su momento no tuvieron una aplicación tan extendida.

La otra gran corriente estadounidense fue la del estudio de la naturaleza, o *Nature Study*. Basada en la literatura romántica (Emerson, Thoreau, Longfellow) y en los reformadores educativos europeos (Comenius, Pestalozzi, Rousseau, Froebel), su énfasis no era la adquisición de conocimiento, sino el desarrollo personal y social (Bybee y DeBoer, 1994, p. 366). La preocupación de su líder, el horticultor y botanista Liberty Hyde Bailey de Cornell University, era frenar el éxodo de la población del campo a las ciudades mediante la recuperación del interés de los niños por la agricultura. Los programas de esta corriente preveían que los niños tuvieran mayor contacto con la naturaleza, que aprendieran a apreciarla, a conservarla y hasta a cultivar hortalizas. El 'estudio de la naturaleza' se volvió el programa básico de ciencia en muchas escuelas primarias en EU entre 1880 y 1910 (McCormack, 1992, p. 17).

Además del surgimiento de estas dos corrientes, el fin del siglo XIX e inicio del XX marca el principio de la institucionalización de la enseñanza como parte de los currículos de educación formal básica: ya no son grupos independientes o asilados, sino comités con respaldo nacional o institucional, los que promueven modelos. En Estados Unidos entró en escena el famoso *Committee of Ten* en 1893, liderado por Charles Eliot, presidente de la Universidad de Harvard. En esta institucionalización del currículo, prevaleció el enfoque de la *Elementary School Science*, frente al de *Nature Study*, (aunque, como se verá, este último ha permanecido latente y ha resurgido por momentos). El Comité tuvo que argumentar por qué la ciencia debía formar parte de la escuela, y lo hizo apelando a que la práctica del método experimental disciplinaba el intelecto: brindaba una especie de entrenamiento mental, tanto para la vida en general como para los estudios posteriores¹³.

Sin embargo el «entrenamiento de la mente» mediante el estudio de diversas disciplinas, rápidamente perdió plausibilidad como modelo de preparación para la vida. Se argumentaba que los problemas inherentes a la inmigración, la industrialización y la urbanización, requerían una preparación mucho más práctica, en la cual la ciencia tenía mucho que ver. Por ejemplo, en 1920, la *Commission on the Reorganization of Secondary Education* emitió un reporte en el que exponía los objetivos de la educación para el desarrollo individual y social, y el subcomité de ciencia defendió la presencia de las ciencias en términos de esos objetivos:

¹³ La noción de que el estudio o la práctica de una materia dotará a los estudiantes de habilidades en otras materias o en otros contextos, es conocida en educación con el nombre de 'transferencia'. La educación tradicional descansaba en buena medida en esta idea: la inclusión de las diferentes materias se justificaba no por su valor intrínseco, sino por su potencial para desarrollar otras habilidades. Este supuesto perdió auge en el ámbito de la pedagogía (por cierto, el pragmatista William James fue uno de sus críticos), para luego volver bajo otras formas y matices. La transferencia en educación es uno de los temas de interés para los estudios sobre la ciencia y sobre el conocimiento. Ver, por ejemplo, Hammer et al (2004).

Con respecto al objetivo de la salud, el comité dijo que los cursos de ciencias podrían ayudar a proteger a la gente y ayudar a controlar enfermedades al proveerles conocimiento sobre sanidad pública e higiene personal. La participación valiosa en el hogar [worthy home membership] sería promovida al enseñar a la gente cómo operar y reparar cualquier número de aplicaciones y electrodomésticos en el hogar. Respecto al objetivo vocacional, el comité dijo, «En el campo de la preparación vocacional, los cursos de taller de física, electricidad aplicada, física del hogar, química industrial y del hogar, ciencias biológicas aplicadas, fisiología e higiene, serán valiosas para muchos estudiantes si son adecuadamente adaptadas a sus necesidades» (NEA, 1920, p. 13). Respecto al objetivo de ciudadanía, los cursos de ciencia podrían hacer que las personas fueran más conscientes y apreciaran más el rol de los científicos en la sociedad, y también, podrían volverlos más capaces de seleccionar expertos técnicos para sus respectivos roles en la sociedad. Los cursos de ciencia podrían contribuir a un uso valioso del ocio, al infundir en los individuos una apreciación del mundo natural y al desarrollar una comprensión de pasatiempos basados en la ciencia, tales como la fotografía. Finalmente, el estudio de la ciencia podría ayudar en el desarrollo del carácter moral «al establecer una concepción más adecuada de la verdad y una confianza en las leyes de causa y efecto» (NEA, 1920, p. 14) (Bybee y DeBoer, 1994, p. 369)¹⁴.

Esta comisión formaba parte de una corriente 'progresista', que confirmaba la moderna pedagogía centrada en el alumno, y enfatizaba lo útil, lo real, lo relevante y lo significativo. El «método científico» debía estudiarse también en la escuela, pero bajo el supuesto de su aplicabilidad a problemas sociales. John Dewey, proponente principal de esta corriente, es un autor pragmatista cuya obra sirve de puente entre las trayectorias de la filosofía y la enseñanza de la ciencia. Para este autor, considerado el padre de la filosofía educativa en Estados Unidos, el 'método de indagación' jugaba un doble papel en la educación: en tanto proceder propio de la ciencia (del cual emanan actitudes, habilidades y valores a desarrollar en la práctica escolar, tales como la curiosidad, la suspensión del juicio, la disposición a dejarse convencer por la evidencia, etcétera); y en tanto forma general de resolución de problemas, de adaptación y de aprendizaje (incluyendo los problemas sociales, tecnológicos y científicos para los cuales la escuela debía equipar a los niños) (Dewey, 1942).

Aunque con la influencia de estas corrientes y debates, el enfoque que predominó fue el que colocaba en el centro el aprendizaje de las disciplinas científicas. El método de enseñanza-aprendizaje consistía, sobre todo, en la lectura de textos elaborados *ad hoc*. Por esta razón, McCormack denominó el periodo entre 1920 y 1957, el *Utilitarian / Textbook Period* (1992, p. 17).

¹⁴ Traducción libre del fragmento de Bybee y DeBoer. La referencia original de los fragmentos citados por ellos es la siguiente: National Education Association (NEA). (1920). *Reorganization of science in secondary schools: A report of the commission on the reorganization of secondary education* (U.S. Bureau of Education, Bulletin No. 26). Washington, DC: U.S. Government Printing Office.

En la década de los veinte Gerald Craig retoma el trabajo de Harris y desarrolla un currículo que intenta cubrir las principales disciplinas científicas. A partir de sus investigaciones sobre los principios científicos que aparecen en las preguntas de los niños (Craig, 1927), propone una serie de conceptos, principios y generalizaciones que debían ser el centro de un programa de ciencias para la escuela elemental. Craig pensaba que la lectura era el medio más rápido y eficiente para cubrir la información científica organizada, por lo que propuso que la enseñanza se basara en la lectura de textos estructurados en relación con las generalizaciones científicas. En el modelo curricular de Craig, la generalización y los principios científicos fueron la meta principal para la enseñanza de las Ciencias y fue el antecedente de las propuestas curriculares de los años cincuenta, que basaban la enseñanza en los principales esquemas conceptuales de las ciencias (López y León, 2003: 377).

Así, ya desde la primera mitad del siglo xx se encuentra en Estados Unidos mucho del repertorio de los enfoques de la enseñanza de las ciencias, y un énfasis predominante en el aprendizaje de las disciplinas.

Mientras tanto, en Europa, durante la primera mitad del siglo veinte, más que desarrollos específicos a propósito de la EC, se desplegaron diversas corrientes de pedagogía activa, progresista y humanista, en continuidad con la tradición europea y emparentadas con las estadounidenses. En 1921 se creó la Liga Internacional para la Nueva Educación (LIEN, por sus siglas en francés), entre cuyos fundadores estuvieron John Dewey, Jean Piaget (quien en 1955 crearía su Centro de Epistemología Genética), Maria Montessori y Adolphe Ferrière; Rudolf Steiner fue otro de los exponentes europeos de las nuevas pedagogías. Para Gutiérrez-Vázquez, el movimiento de la «escuela activa» francesa de Célestin Freinet, originado en los años 20 y de gran popularidad en los 50, tuvo un postulado que aún es válido y que influyó de manera importante en la enseñanza de la ciencia: que los niños aprenden mejor cuando se involucran activamente con los materiales educativos. Critica, sin embargo, que la realización de actividades y la demostración de «experimentos», no era lo más adecuado, pues:

a menudo, los resultados no se discutían, las conclusiones no se elaboraban y los conceptos y principios científicos no aparecían por ningún lado. Con frecuencia, la clase de ciencias se parecía más a una función de magia que a un esfuerzo serio y sistemático por conocer, comprender y explicar la naturaleza y los fenómenos naturales (Gutiérrez-Vázquez, 1994, p. 94-95).

A pesar de las propuestas novedosas, Gutiérrez-Vázquez estima que:

en la mayoría de los salones de clase de la mayor parte de las escuelas de educación elemental y media (y en no pocas instituciones de educación superior), la ciencia se seguía enseñando en todo el mundo como un conjunto prácticamente definitivo de hechos y verdades estables e incontro-

vertibles, que el libro de texto contenía, que el maestro supuestamente sabía y exponía, y que el alumno tenía que memorizar a base de lecturas repetidas para poder contestar a las preguntas que se le hacían en clase, cuando se le tomaba la lección o cuando presentaba pruebas parciales o exámenes finales (Gutiérrez-Vázquez, 1994, p. 96).

Tal era el estado de cosas cuando sobrevino lo que en el campo se conoce como la *primera revolución en la enseñanza de las ciencias*, que detonó con el lanzamiento del Sputnik. En el contexto de la Guerra Fría y la Carrera Espacial, este hito aeroespacial fue interpretado en Estados Unidos como una terrible derrota suya, y como signo de un rezago generalizado en materia de ciencia, a la que se le atribuía un papel preponderante en el progreso económico y social. Hay que recordar que comenzaba a emerger el paradigma de la *big science*, en el cual se requería la participación coordinada de numerosos científicos de diversas disciplinas e ingenieros, y que era financiado con recursos públicos y privados en un contexto de armamentismo y nacionalismo exacerbados. El evento del Sputnik azuzó así un movimiento sin precedentes para mejorar la enseñanza de la ciencia en los niveles básicos, y expandirla a nivel profesional. El término ‘primera revolución’ fue acuñado por McCormack (1992, p. 18), quien la situó en el periodo 1957-1978:

Científicos profesionales y matemáticos se organizaron por sociedades y comisiones científicas profesionales para examinar los libros de texto de ciencias y las prácticas de enseñanza. Según Collette y Chiappetta, los grupos científicos encontraron que los cursos de ciencia escolar y los libros de texto «carecían de rigor, se enseñaban dogmáticamente, estaban orientados al contenido, carecían de unidad conceptual, eran obsoletos, y tenían poco que ver con lo que estaba ocurriendo en las disciplinas científicas (1989, 41) (McCormack, 1992, pp. 17-18)¹⁵.

Es ilustrativo repasar las nomenclaturas alternativas que otros autores emplean para referirse a este periodo. Para Akker, fue ‘La era de los proyectos de desarrollo’ (1998, p. 424), dada la enorme cantidad de recursos económicos y humanos dedicados en Estados Unidos y otros países, especialmente el Reino Unido, a que grandes equipos liderados por científicos desarrollaran elaborados proyectos curriculares, con sus respectivos materiales (estas características recuerdan también a las de la *big science*). Se renovó sobre todo el contenido en química y física, y la biología cobró mayor fuerza como un campo de estudio escolar.

Por su parte, Gutiérrez-Vázquez atribuye a la década de los sesenta la consigna de «enseñar la ciencia tal como es» (1994, p. 96). Wallace y Loudon describen el enfoque de los cincuenta y sesenta como «cono-

¹⁵ Traducción libre del fragmento de McCormack. La referencia original del fragmento por él citado es la siguiente: Collete, A. T., y E. L. Chiappetta. (1989). *Science Instruction in the Middle Secondary Schools*. Columbus, OH: Merrill. Meneses (1991) narra cómo en México, en los años sesenta, la obsolescencia de la información científica escolar se hacía patente incluso para maestros y alumnos, debido a que el rápido progreso en ciertas disciplinas comenzaba a llegar al conocimiento del público en general mediante los nuevos canales de comunicación (pp. 151-152).

cimiento de las disciplinas» (*discipline knowledge*). Esto nos habla, por un lado, de una reivindicación de la enseñanza «dura» de las disciplinas científicas: era éste el objetivo central, y no otros como la comprensión de la naturaleza de la ciencia, su papel en la sociedad, sus aplicaciones tecnológicas cotidianas, ni mucho menos, el objetivo del entrenamiento mental, propio de años anteriores. Enseñar las ciencias «tal como son», implicaba romper con el método libresco del periodo precedente y poner por delante el método propio de las ciencias, el experimental, como forma de enseñanza y aprendizaje de las disciplinas. Así, se incluyó por primera vez al laboratorio de forma sistemática y extendida en las escuelas¹⁶.

El estadounidense Jerome Bruner, con su libro *El proceso de la educación* (1960), resultó una influencia decisiva, al postular que la ciencia cuenta con conceptos e ideas poderosos y fundamentales que le dan coherencia y unidad, y proveen una estructura que relaciona y organiza los contenidos para su enseñanza. Postula, también, que todos los contenidos pueden enseñarse a niños de cualquier edad, siempre y cuando se haga de forma adecuada, iniciando con lo más particular y simple, antes de abordar los mismos conceptos de forma más general y compleja, a modo de espiral.

En tanto ‘revolución’ que movilizó a un gran número de colectivos, es interesante repasar cuáles fueron las sociedades de científicos involucradas en ella, las disciplinas en las que se centraron, los objetivos que asignaron a la enseñanza de las ciencias, los argumentos que esgrimieron, así como los programas y hasta las lecciones que produjeron (ver McCormack (1992) y Akker (1998)). Resalta la diversidad de trabajos producidos, así como el entusiasmo, el compromiso y la inventiva evidentes en ellos. Posteriormente, la «primera revolución» sería fuertemente criticada, tanto en sus postulados como en sus resultados, pero vale la pena examinar el periodo en sí mismo para reconocer sus aportaciones y su vigencia.

Uno de los principales problemas de la ‘primera revolución’ fue que sus flamantes propuestas pudieron implementarse y dar notables resultados sólo en contextos privilegiados, y en un porcentaje pequeño de los casos. Tanto en Estados Unidos como en el Reino Unido, la mayoría de los profesores continuaban dando sus clases como antes, ya que los conocimientos requeridos y los cambios implicados les eran en general inasequibles (McCormack, 1992, p.18; Akker, 1998, p. 426). Además, no ayudaban condiciones tales como grupos demasiado grandes, falta de tiempo de preparación para los maestros y falta de material e infraestructura óptimos.

Desde mediados de los setenta y durante la década de los ochenta se realizan estudios para evaluar los resultados de los proyectos operados en los años anteriores (Helgeson, Blosser y Howe, 1977; Research Triangle Institute, 1977; Stake, Easley y Anastasiou, 1978; National Commission on Excellence in Education, 1983 [con su reporte A Nation At Risk. An Imperative for Educational Reform]; Kyle, 1985), los resultados de éstos mostraron que los cambios en los salones de clase

¹⁶ El tema de los laboratorios se articula con la discusión sobre el papel de la indagación (*inquiry*), la cual constituye uno de los grandes ejes en la reflexión sobre la enseñanza de las ciencias. Ver, por ejemplo, Duschl (2008).

habían sido mínimos y el número de estudiantes interesados en estudiar una carrera científica continuaba siendo muy bajo. Además, muchos estudiosos del tema realizaron críticas muy fuertes desde una perspectiva psicopedagógica y epistemológica. Se podría decir que este gran movimiento de reforma había fracasado a pesar de la gran cantidad de recursos financieros invertidos y del esfuerzo de cientos de profesionales (López y León, 2003: 377-378).

Cabe mencionar que estas críticas fueron de la mano de un cambio de paradigma en la investigación sobre la enseñanza de las ciencias, que dio un giro hacia lo cualitativo¹⁷; o como dicen López y León, se trató de una nueva sensibilidad para documentar lo que ocurría en los salones de clase (López y León, 2003, pp. 378-379). En este cambio de paradigma intervino la perspectiva de la etnografía educativa.

Para algunos, la principal crítica al ‘aprendizaje por descubrimiento’ era de carácter epistemológico: fue en ese periodo cuando la psicología genética de Jean Piaget – uno de los autores que enlazan la filosofía y la enseñanza de la ciencia – tuvo mayor impacto¹⁸. Influidó su concepción de que el desarrollo integral de la persona debía lograrse con métodos activos de enseñanza-aprendizaje, pero de manera más novedosa, Piaget llamó la atención sobre las etapas de desarrollo de los niños, y sobre su manera de construir conceptos en torno al mundo natural. Esto último, aunado a la evidencia en las aulas, representaba una seria afrenta al supuesto de que podía enseñarse a los niños «la ciencia tal como es», y que los experimentos ‘científicos’ escolares les conducirían a conclusiones científicas, o a un mejor conocimiento de la naturaleza¹⁹.

Por otro lado, sobrevino una ola de críticas a los presupuestos *positivistas* sobre la ciencia que la ‘primera revolución’ entrañaba – lo cual constituye otro punto de encuentro con lo que sucedía en el campo de la filosofía de la ciencia. León *et al.* (2005) resumen así estas críticas:

¹⁷ Ver, por ejemplo, el recuento de la trayectoria de la National Association for Research on Science Teaching que hacen Joslin *et al.* (2008), donde se narra, entre otras cosas, cómo se pasó de un paradigma exclusivamente cuantitativo, a uno donde lo cualitativo tiene igual cabida e importancia.

¹⁸ Piaget fue un autor que, además de consignar sus hallazgos empíricos sobre la construcción del conocimiento en los niños, los puso en diálogo amplio con la filosofía y la historia de la ciencia. En el volumen sobre el pensamiento físico de la serie de *Introducción a la epistemología genética*, por ejemplo (1974), dialogó con el nominalismo de Poincaré, con el convencionalismo de Duhem, con las ideas sobre el rol de la sensación en la física según Mach y Planck, con las visiones sobre la génesis del atomismo de Hannequin y Bachelard, y con empiristas y positivistas en general. Historió la idea de azar en el pensamiento precientífico y científico. Para su trabajo tomó en cuenta la historia de la causalidad en el pensamiento científico y las discusiones sobre la explicación causal. Reflexionó sobre las implicaciones cognitivas de los desarrollos más recientes del conocimiento científico, como el relativismo o la microfísica.

¹⁹ Es amplísima, sugerente y esclarecedora la literatura que describe lo que los niños hacen, dicen y piensan cuando se enfrentan con estos experimentos. Incluimos un ejemplo en el anexo *¿Enseñamos realmente a investigar la naturaleza?*: un fragmento de un artículo de León y Solé (1982, pp. 169-177), en el que describen a grupos de niños realizando experimentos de los libros de la reforma mexicana de los setenta, desde una perspectiva piagetiana.

Ausubel (1978) nos dice: «Los métodos de descubrimiento aplicados a la enseñanza se basan a menudo en la ingenua premisa de que la solución autónoma de los problemas ocurre necesariamente con fundamento en el razonamiento inductivo a partir de datos empíricos». Giordan (1978) señala: «Un cierto número de errores pedagógicos resultan de un análisis epistemológico incompleto. Nuestras pedagogías reposan sobre una imagen del proceso científico muy positivista».

Algunas de las principales críticas que se han hecho, desde una postura constructivista, a la concepción positivista de las ciencias y del aprendizaje son: a) se transmite una imagen idealizada de la ciencia, construida por verdades incuestionables y acumulables históricamente y superior a cualquier otra forma de conocimiento, el método científico aparece como el único camino que garantiza el acceso al conocimiento objetivo; b) se niega el papel activo del sujeto que aprende, pues se concibe al alumno como una tabla rasa en la que se inscriben los conocimientos; c) se pretende que el alumno adquiera los conceptos y teorías de la ciencia a partir de situaciones experimentales puntuales, olvidando que todo hecho es una interpretación que hace el sujeto a partir de su estructura conceptual; d) el conocimiento y las habilidades de pensamiento son procesos internos y no se «administran» desde el exterior a través de actividades prácticas (León et al., 2005, p. 37-38).

Así, el paradigma se volvía insostenible por todos los frentes, y se auguraban nuevas corrientes en la EC.

Durante la ‘primera revolución’ no sólo se realizaron grandes proyectos en países ricos, sino también en muchos del resto del mundo: se gastó más para desarrollar los currículos de ciencias naturales que los de cualquier otra asignatura. En un inicio se adoptaron y tradujeron los ejemplos estadounidenses y británicos, pero después se realizaron adaptaciones. Éstas tomaron en cuenta algunos de los aprendizajes de la implementación de los originales, por lo que ya incluyeron características de la ‘segunda ola’ que se dio en Estados Unidos (Akker, 1998, p. 427). Según esta narrativa, habría una suerte de ola intermedia, en la cuales cabría ubicar la reforma mexicana de los setenta. Juan Manuel Gutiérrez-Vázquez, quien además de liderar dicha reforma, participó en muchas otras alrededor del mundo en años posteriores, las describe en conjunto como un movimiento con las siguientes características:

La enseñanza de la ciencia integrada como un movimiento renovador tiene dos antecedentes: uno, ajeno a la educación, lo encontramos en el interior de la ciencia misma, y consiste en el gran éxito de productividad teórica y práctica de las fronteras interdisciplinarias y de los enfoques multi e interdisciplinarios (bioquímica, biofísica, biofísicoquímica, biología molecular, electroneurofisiología, cibernética, etc.); otro, que se da dentro del campo de la educación, y que es un resultado del énfasis puesto durante el decenio anterior en la enseñanza de la ciencia como investigación, como método, así como de la enseñanza de las habilidades y destrezas necesarias

para el estudio de la naturaleza: todo esto emparenta a las disciplinas científicas unas con otras (Gutiérrez-Vázquez, 2004, p. 98).

Este enfoque de ‘ciencia integrada’ implicó grandes retos para organizar currículos articulados con buena estructura y lógica. El tipo de equipos que se formaron, y el grado de involucramiento y liderazgo de los científicos en ellos, variaron según el caso. A juicio de Gutiérrez-Vázquez, muchos de estos proyectos fracasaron, pero la reforma curricular mexicana fue un caso de éxito dentro de este movimiento.

A partir de las diversas críticas, en fin, se dio paso a la ‘segunda revolución’ en la década de los ochenta (McCormack, 1992, p. 21), o incluso desde los setenta, para otros autores (Wallace y Louden, 1998). Esta ‘ola’ o ‘revolución’ no tuvo un detonante definitorio como fue el lanzamiento del Sputnik para la primera, aunque el impacto de libros como *La estructura de las revoluciones científicas* de Thomas Kuhn, o *La primavera silenciosa* de Rachel Carson, junto con los movimientos estudiantiles del 68 y sus reivindicaciones educativas, se consideran puntos de partida emblemáticos en este movimiento. Éste no tuvo un desarrollo de tantos y tan grandes proyectos como la ‘primera revolución’; se caracterizó más bien por la proliferación de debates, que poco a poco fueron influyendo en desarrollos curriculares²⁰ (elaborados por equipos más interdisciplinarios, y donde el rol de los científicos era menos prominente), así como en estrategias de formación para los maestros.

Wallace y Louden (1998, p. 473) identifican a los años setenta y ochenta como la etapa en la que se abogó por el «conocimiento relevante». Citan los argumentos de Paul DeHart Hurd, primer proponente de la ‘alfabetización científica’ (*scientific literacy*):

«El objetivo de la enseñanza de la ciencia es fomentar una ciudadanía ilustrada, capaz de usar los recursos intelectuales de la ciencia para crear un ambiente favorable que promueva el desarrollo del hombre como ser humano» (Hurd 1970, p. 14).

El término ‘alfabetización científica’ describía una amplia gama de objetivos educativos progresistas durante los 70s y 80s. También estaba asociado con otros grandes movimientos de reforma preocupados por la relevancia científica, incluyendo a la ciencia, la tecnología y la sociedad (Gallagher 1971, el movimiento ambientalista (Bybee 1979) y la ‘ciencia para todos’ (Fensham 1985) (Wallace y Louden, 1998, p. 473)²¹.

²⁰ Dos ejemplos importantes de estos desarrollos fueron *Chemistry in the Community* (ChemCom), producido por la American Chemical Society, y el reporte *Science for All Americans*, parte del Proyecto 2061, y financiado por la American Association for the Advancement of Science, que brinda lineamientos para la alfabetización científica.

²¹ Traducción libre de Wallace y Louden (1998), y del fragmento de Hurd citado por ellos. La referencia original de ese fragmento es la siguiente: Hurd, P.D. (1970). «Scientific Enlightenment in an Age of Science», en *The Science Teacher* 37, 13.

También entraron en juego reivindicaciones para incluir los aspectos históricos y culturales de la ciencia y la tecnología en el currículo – lo que se conoce como la corriente CTS: Ciencia, Tecnología y Sociedad²². No es casual su homonimia con el nombre de la corriente en los estudios filosóficos y sociales sobre ciencia y tecnología, sino que hay empalmes entre sus respectivos referentes: planteamientos que problematizan, relativizan y redefinen la naturaleza de la ciencia no sólo desde lo epistemológico, sino también desde lo cultural, social, político, ético y ambiental. El filósofo León Olivé ha tenido una participación constante en espacios de deliberación sobre el tema, y su obra es uno de los más importantes referentes hispanos en esta corriente (especialmente Ibarra y Olivé, 2003).

Akker afirma que la reivindicación por una formación más general para todos (en lugar del énfasis en el aprendizaje de las disciplinas científicas), además de provenir de las críticas al enfoque anterior, vino del hecho de que cada vez crecía más la población que ingresaba y permanecía en el sistema educativo, por lo que sus características, necesidades y expectativas se volvieron más heterogéneas. Esto, además de propiciar el replanteamiento de los objetivos, invitó a preguntarse por la perspectiva de grupos tradicionalmente subrepresentados en la enseñanza de la ciencia: las niñas y las minorías (Akker, 1998, p. 428), y a preguntarse cómo la ciencia,

producto de una cultura y una cosmovisión masculina y europea, podía proveer un marco para un currículo incluyente y liberador para todas las culturas (Wallace y Loudon, 1998, p. 477)²³.

Los nuevos enfoques, emanados de la ‘segunda ola’, no sustituyeron al anterior, sino que lo han complementado (Gutiérrez-Vázquez, 1994, p. 102). Cómo incluirlos, y en qué grado, son preguntas que han guiado parte de los debates y esfuerzos de los últimos años: ¿Deben organizar el currículo los aspectos sociales o la lógica de las disciplinas? ¿Abandonar el enfoque disciplinar por uno más ‘blando’ compromete el nivel académico? (López y León, 2003: 382). Se han suscitado al interior del campo discusiones análogas a las del realismo/constructivismo en filosofía, o a los de la ‘Guerra de las Ciencias’. Sin embargo, los consensos, reflejados en muchos programas a nivel internacional, buscan el balance y complementariedad entre enfoques, y se ha reconocido la diversidad de objetivos, métodos y contenidos válidos, aunque siempre con el predominio del objetivo del conocimiento de las disciplinas científicas (Bybee y DeBoer, 1994, p. 385).

A pesar de los innegables avances y consensos en el terreno de la teoría y del currículo, el diagnóstico respecto a las prácticas y los resultados en el aprendizaje de los estudiantes sigue siendo problemático,

²² Ver el mapeo que hacen Pedretti y Nazir (2011), a cuarenta años de lo que llaman la corriente STSE (*science, technology, society and environment*) en la enseñanza de las ciencias.

²³ Estas preocupaciones han dado lugar a dos de las tres corrientes principales que Anderson (2007) identifica dentro de la investigación contemporánea de la enseñanza de las ciencias: la corriente sociocultural y la corriente crítica (la tercera es la corriente del cambio conceptual).

especialmente para las mayorías (Anderson, 2007). Si bien hay diferentes programas, modelos, prácticas y experiencias localizadas que son claramente exitosas y valiosas, la EC en tanto empresa masiva de los sistemas educativos en la mayoría de los países, sigue planteando retos y preguntas de fondo; algunas compartidas con la educación formal en general, y otras específicas de las ciencias naturales.

Este apretado recuento de cómo fueron apareciendo las ideas y proyectos en la enseñanza de las ciencias – centrándonos en Europa, y en Estados Unidos –, ofrece una idea general de cuál ha sido la naturaleza del fenómeno, cuál su relación con la filosofía y cuál con la ciencia y la tecnología y las ideas en torno a ellas. Aunque se han referido sobre todo las inflexiones estadounidenses para el siglo XX (dado que ahí se lideraron el grueso de los debates e innovaciones en EC, y dado que la literatura mexicana suele referirlos como antecedente de la reforma de los setenta); es importante mencionar que, más allá de la educación en ciencia, los antecedentes más importantes del sistema educativo mexicano no son los estadounidenses sino los franceses. Como se ha referido, los principios de laicidad, obligatoriedad y gratuidad están inspirados en Francia, al igual que el esquema de escuelas normales para los maestros – a diferencia del sistema estadounidense, en donde son las universidades las que se hicieron cargo de su formación²⁴. Con esto como telón de fondo, se describirá a continuación el contexto educativo de los años setenta en México, durante los cuales se desarrolló la reforma curricular que se analizará.

§

²⁴ Asimismo, hay un episodio europeo del siglo XX en la EC que podría ser de especial interés para los estudios sobre la ciencia: el papel que los miembros del Círculo de Viena tuvieron «no sólo en la teoría y práctica de la educación popular, sino también en la reforma escolar de la primera mitad del siglo veinte en Austria» (Stadler, 2011, p. 547). Suele pasarse por alto que los positivistas lógicos tuvieron una veta social y educativa, pero todavía pasa más desapercibido el hecho de que ésta no se ciñó sólo a la divulgación popular de la ciencia, sino que incidió también en una reforma en la que psicoanalistas, psicólogos y asociaciones pedagógicas, femeninas y sociológicas, entre otros, se rebelaron contra las universidades conservadoras que se negaban a modernizar los enfoques y contenidos en la enseñanza elemental (Stadler, 2011, pp. 546-547).



3

LA 'REFORMA EDUCATIVA' EN EL SEXENIO 1970-1976

En 1971, como parte de la gran reforma educativa que tuvo lugar en México durante el sexenio de Luis Echeverría (1970-1976), se decidió que sería reformado el currículo de la educación primaria y secundaria en todas sus áreas, incluyendo las ciencias naturales. Es claro que el detonante de esta renovación curricular, más que educativo, fue político (Candela, 1989: 5). Echeverría impulsó la reforma educativa – «la obra educativa», como la llamó el secretario de educación que la encabezó – como uno de los ejes clave de su mandato.

A pesar de que Agustín Yáñez, secretario del ramo en el sexenio de Díaz Ordaz, había propuesto su propia reforma educativa un par de años antes, la administración echeverrista buscó reemprender radicalmente el rumbo, para deslindarse de la crisis política con que había concluido el sexenio anterior.

La reacción al autoritarismo, la desigualdad y la pobreza (junto con la influencia de diversos movimientos sociales y culturales a nivel internacional), había cristalizado en el movimiento estudiantil de 1968. Su represión, aunque logró desarticular al movimiento, dejó al gobierno en una aguda crisis de legitimidad. Echeverría buscó contrarrestarla cambiando la línea en diversos rubros. En lo político, optó por un discurso de democratización y tolerancia a la disidencia (incluso integró a la función pública a activistas del 68); en lo internacional, frente a la Guerra Fría y la Guerra de Vietnam, se adoptó el tercermundismo (que achacaba la pobreza de los países del sur al colonialismo y explotación ejercido por los países del norte enriquecidos a su costa, y postulaba la necesidad de la solidaridad entre los primeros y de vías alternativas para su desarrollo); en lo económico, se cambiaba el desarrollo estabilizador por el desarrollo compartido, con autosuficiencia tecnológica y atención al campo para aumentar la productividad; y en lo social, se anunció la vocación del gobierno por mejorar la condición de las clases populares. Para los últimos dos rubros, la modernización y la expansión del sistema educativo eran indispensables (Latapí, 1998, pp. 58-59; Fuentes, 1979, pp. 235-237).

A la educación se le asignó entonces un papel privilegiado en el proyecto político echeverrista, y fue también un vehículo privilegiado para su mensaje reformador:

... la política educativa optaría por imprimir una reforma sustancial a los contenidos y métodos educativos, poniendo especial atención a su relación con la producción (primer enfoque); sería fuertemente nacionalista y enfatizaría los valores de la «apertura» (segundo enfoque); se presentaría como «democrática» ofreciendo oportunidades a todos por igual (tercer enfoque); y se utilizaría como elemento dinámico en la movilización populista de las clases más desprotegidas y en la negociación de apoyos de las clases bajas y medias (cuarto enfoque). Estos cuatro enfoques dan inteligibilidad a muchas acciones de la política educativa del sexenio (Latapí, 1998, p. 61).

Olac Fuentes Molinar, por su parte, describe así el sentido de la modernización educativa en el contexto tanto cultural como político de fines de los sesenta e inicio de los setenta en México:

A finales de los sesenta se hace evidente que ciertos componentes ideológicos están agotando su eficacia. El nacionalismo patriótico, en particular, es cada vez más un discurso rancio y fatigado que aburre e irrita. El grupo de técnicos estatales que produce materiales para la educación, formado por viejos maestros, no ha cambiado la visión mítica de un país y una sociedad idílicos, ni un lenguaje de los cuarenta ni una selección de contenidos propia del preceptor decimonónico. La educación está de espaldas al proceso de modernización de la cultura que se está dando en una

sociedad en la cual los medios masivos – sobre todo la TV – universalizan las imágenes y el estilo de vida del capitalismo avanzado. Tal incongruencia de la educación formal en relación con la cultura ambiente es total: afecta al saber escolar y el modo en que se enseña, a planes, programas y lenguaje pedagógico apartados de lo contemporáneo, al desempeño de los educadores, verbalista y catedrático del primer al último grado de la enseñanza. Junto a muchas otras cosas, el movimiento del 68 expresa también que, cuando menos entre los sectores medios, la ideología y las prácticas educativas oficiales están perdiendo su capacidad para convencer (Fuentes, 1979, pp. 235-236).

A pesar del radical afán reformador que se buscó comunicar, no habían faltado en años recientes innovaciones y esfuerzos en materia educativa²⁵. Por un lado, justamente en 1970 terminaba el «Plan de Once años», un proyecto de expansión de los servicios educativos que había comenzado con Torres Bodet en 1959, para dar respuesta al aumento poblacional y a la urbanización. Además de ampliar la cobertura y preparar a numerosos nuevos maestros –con lo cual se manifestaba ya el fenómeno de la masificación de la educación y sus problemas intrínsecos, que los reformadores de los setenta también enfrentaron–, el Plan tuvo como controvertida novedad la producción y distribución de la primera generación de Libros de Texto Gratuitos para todos los alumnos. Entonces, los textos que se produjeron en los setenta constituyeron ya la segunda generación de estos libros.

Por otro lado, Agustín Yáñez había intentado su propia reforma durante el sexenio anterior:

Se trató de reorientar la educación primaria con un método basado en el aprender haciendo. Este intento pretendía continuarse en la enseñanza media con un enseñar produciendo. Consistía en hacer comprender y razonar al niño sobre lo que aprendía y hacía, de manera que desarrollara al máximo sus habilidades de ser humano. En la enseñanza media se trataba de hacer consciente al alumno de las exigencias y responsabilidades de la vida moderna. Estas ideas tuvieron alguna aplicación en escuelas agropecuarias, industriales y artesanales [Se crearon escuelas técnicas y de capacitación de mano de obra, y se aumentó significativamente el presupuesto del Instituto Politécnico Nacional (IPN)], pero poco afectó a la casi inmovible escuela primaria (...) Aunque durante la gestión del licenciado Yáñez se palpó la necesidad de cambiar el sistema y aunque se reunieron las bases documentales para hacerlo, no llegó a emprenderse (Koboyashi et al., 1976, pp. 141-142).

Así pues, la 'reforma educativa' del sexenio echeverrista no representó una ruptura radical con las políticas anteriores (Fuentes, 1979, p. 236), pero el afán de diferenciación de su régimen sí impactó, tanto a

²⁵ Pablo Latapí (1998, pp. 21-42) señala que, no es que los distintos proyectos educativos a lo largo del siglo veinte hayan constituido novedades o rompimientos radicales, sino que fueron superponiéndose y retomando elementos de los anteriores. Se insistirá en ello también más adelante, para mostrar que el enfoque que se le dio a las ciencias naturales tenía ya antecedentes.

nivel de discurso como en diversas medidas, tales como el encargo de un nuevo currículo y sus respectivos libros de texto, que se analizarán en este trabajo.

Víctor Bravo Ahúja²⁶ fue el secretario designado en 1970 para liderar la reforma educativa de aquel sexenio. Para entonces, contaba ya con una importante trayectoria como ingeniero, educador y político. Fue uno de los cuatro primeros ingenieros aeronáuticos formados en México, por parte de la Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica del IPN. También había estudiado en la Escuela Militar de Aeronáutica, Física en la Facultad de Ciencias en la UNAM y maestría en ciencias en el Instituto Tecnológico de California y la Universidad de Michigan. Fungió como primer rector del Instituto Tecnológico de Monterrey (antes el cargo era de director), donde también había fundado el Instituto de Investigaciones Industriales de Monterrey. Fue subsecretario de Educación Tecnológica durante diez años, en los sexenios de López Mateos y Díaz Ordaz.

Antes de ser requerido por Echeverría para la cartera de educación, Bravo Ahúja fue gobernador de Oaxaca, su estado natal, durante dos años. Durante su gestión hizo importantes obras de infraestructura y desarrollo turístico y pesquero, además de dotar de infraestructura educativa al estado, crear instituciones para el desarrollo y promoción de las lenguas y culturas indígenas, y establecer «un sólido sistema de educación técnica», sobre todo pesquera y agropecuaria (Meneses, 1991, pp. 169-170). Un dato revelador de la orientación académica de este funcionario es que al concluir el sexenio echeverrista en que lideró la reforma educativa, y al dejar su cargo como secretario, a sus 60 años, se doctoró en Ciencias Sociales por la Universidad de Caen, Francia, con una tesis sobre la educación en ese país.

La obra educativa, escrito por Bravo Ahúja en coautoría con el investigador José Antonio Carranza (1976), es un libro que, además de documentar los seis años de reforma desde una perspectiva oficial (incluyendo aspectos políticos, económicos, culturales, científicos y tecnológicos, etcétera) revela, desde su título, el peculiar talante con que el secretario la encabezó²⁷. Para empezar, con el objetivo de situar el contexto de la reforma, se hace una apología de la política echeverrista, que es descrita como nacionalista y revolucionaria, capaz de reivindicar a los campesinos y a los obreros, haciendo frente al liberalismo económico y al imperialismo mediante el ‘desarrollo compartido’, la economía mixta (público/privada) y un aprovechamiento más inteligente de los recursos, asistido por una tecnología propia. Los autores no sólo describen extensamente esta visión, sino que suscriben militantemente la política sexenal, como una lucha y una victoria en contra de los ‘intereses creados’ y las presiones que pretendían que «los mexicanos optásemos por el camino fácil, pero sumiso, del desarrollismo capitalista» (Bravo y Carranza, 1976, p. 25).

26 Ver Meneses, 1991, p. 168; Carranza, 2010; y la entrada «Bravo Ahúja, Víctor» en el Diccionario de la Historia de la Educación en México en línea (UNAM-CIESAS-CONACYT).

27 La resonancia casi religiosa está presente también en el título de otro de sus textos sobre la reforma: *La reforma educativa reclama el espíritu de los maestros misioneros* (1972).

Para ojos contemporáneos, acostumbrados a un *ethos* ideológico más diluido, resulta desconcertante leer un documento oficial donde un funcionario expone así tanto sus convicciones como su adhesión al régimen del que forma parte. Por otro lado, este discurso de viraje a la izquierda, contrasta con las múltiples formas de represión y corporativismo que caracterizaron al sexenio echeverrista, a pesar de su afán por diferenciarse del anterior (sobre todo, la represión estudiantil de 1971, tras la anunciada «reconciliación» respecto del 68). Después de todo, se trata de un documento revelador de lo que implicaba colaborar en la política educativa en el marco de un régimen priísta especialmente contradictorio, como hicieron también los reformadores del currículo de los que se hablará en este trabajo.

Para Bravo Ahúja, la reforma educativa es una «fase crucial del proceso revolucionario» de México (p. 31), y parte de la solución a problemas como «la injusticia social, el marginalismo, la ignorancia, el colonialismo técnico...» (p. 30). Dentro de este peculiar discurso, que habla de un proceso «revolucionario» y popular promovido por el estado, interviene también un elemento democratizador: en virtud de una amplia consulta que se realizó para sustentar la reforma, el secretario la presenta como un «producto de trabajos y reflexiones de estudiantes, padres de familia, maestros, especialistas en los distintos campos del conocimiento y, en general, de todas las personas interesadas en la educación» (p. 34).

¿En qué consistió entonces esta «reforma educativa»? Dirán varios comentaristas que no se trató de un todo coherente y definido, «sino más bien un conjunto de medidas que obedecían a diferentes propósitos y que no se desviaron en lo esencial de las líneas seguidas en las décadas anteriores» (Fuentes, 1979, p. 236. Ver también Latapí, 1998, p. 32). El mismo secretario Bravo Ahúja le daba una definición sin contornos claros: «La Reforma Educativa’ se concibe como un proceso y consiste en la continua ampliación y reorientación del sistema educativo» (Bravo y Carranza, 1976, p. 35). Sin embargo, sí es posible, *a posteriori* discernir su ideología y su sentido (Latapí, 1998, p. 66)²⁸. Aquí se rescatarán sólo algunas de las principales acciones que la conformaron, con el fin de contextualizar la emergencia del currículo de ciencias naturales que se analizará.

Como una de las primeras medidas tras ser nombrado, Bravo Ahúja encabezó un reordenamiento administrativo de la secretaría (Koboyashi *et al.*, 1976, p. 142). La reforma también fue legal: durante los primeros dos años se preparó una nueva ley de educación (publicada en el Diario Oficial el 29 de no-

28 Además de hacer este análisis *a posteriori* sobre el sentido de la reforma, Latapí la ubica como el inicio del proyecto «modernizador» de la educación mexicana, según la siguiente periodización:

- a) el [proyecto] original de Vasconcelos (1921), adicionado por las experiencias de la educación rural de los años que siguieron a la Revolución;
- b) el socialista (1934-1946);
- c) el tecnológico, orientado a la industrialización, puesto en marcha desde Calles y Cárdenas, iniciado en 1928 por influencia de Moisés Sáenz;
- d) el de «la escuela de unidad nacional» (1943-1958), y
- e) el modernizador, hoy dominante, cuyo despegue puede situarse a principios de los setenta (Latapí, 1998, p. 22-23).

viembre de 1973). En ella se conservaron la filosofía educativa y los principios tradicionales del artículo 3°, tales como la educación laica, obligatoria y gratuita, y también las características de ser científica, integral, etcétera (Meneses, 1991, p. 351); pero se introdujeron nuevos valores:

el conocimiento y fomento de la democracia; el análisis objetivo de la realidad; la vigorización de los hábitos intelectuales que la hagan posible; la reflexión crítica (valor importante en un país donde ha prevalecido la sumisión); la necesidad de planeación familiar; el acrecentamiento de nuestra cultura; el logro de un idioma común a todos los mexicanos, sin menoscabo de las lenguas autóctonas; la promoción de los bienes y valores que constituyen el acervo cultural y su enriquecimiento, con la incorporación de ideas y valores universales y su accesibilidad a la colectividad; el mejor aprovechamiento de los recursos naturales; la preservación de la calidad ecológica; la distribución equitativa de bienes y servicios; el fomento de la investigación indispensable para el progreso del país; el fomento de la creación artística; el mejoramiento de la calidad de la vida; y la promoción de la solidaridad (Meneses, 1991, p. 352).

Como parte del afán incluyente y conciliador del gobierno echeverrista, se conformó en 1971 la Comisión Coordinadora de la Reforma Educativa, con representantes de sectores muy variados: universidades, legisladores, organizaciones industriales, campesinas, obreras, el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), los maestros, los padres de familia y hasta la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO). Esta comisión sistematizó los resultados de la consulta que se ha mencionado, en la que participaron más de 25 mil personas (Bolaños, 1972, pp. 5-6). Ernesto Meneses sintetiza así el proceso y sus resultados:

Desde 1971 se efectuó una amplia consulta entre los maestros del país, con el objeto de examinar críticamente la enseñanza primaria. Los resultados de esta consulta se incluyeron en los seis volúmenes de las aportaciones para la Reforma Educativa²⁹. Las conclusiones más importantes de tal consulta en la primaria fueron: elaborar un nuevo plan de estudios y unos programas de aprendizaje más adecuados tanto a la realidad social y económica del país como a los propios intereses de los niños; aplicar una metodología pedagógica ajena al verbalismo y a la enseñanza libresca, para inducir al educando a dejar de ser memorizador de conceptos y, en cambio, convertirse en una persona que razonara y comprendiera la esencia de los mismos; diseñar el contenido de nuevos libros de texto que realmente facilitaran la enseñanza y transmitieran el pensamiento científico contemporáneo, según una estructura didáctica actualizada; revisar la formación de los profesores y promover su actualización científica y pedagógica (Meneses, 1991, pp. 190-191).

29 SEP. (1972). *Aportaciones al estudio de los problemas de la educación*. (Seis volúmenes). México: Secretaría de Educación Pública.

Víctor Hugo Bolaños, quien era Director general de Mejoramiento Profesional del Magisterio, resaltó que los diagnósticos emanados de la consulta tenían que ver con la «celeridad de los cambios» sociales de la época (Bolaños, 1972, p. 6), y cómo estos exigían otros tantos cambios en la educación: reformar planes y programas, actualizar los libros de texto, renovar los métodos de enseñanza, mejorar y actualizar los medios y métodos de evaluación y mejorar científica y pedagógicamente al magisterio de educación primaria (Bolaños, 1972, p. 67).

Se renovaron, en efecto, los planes, programas y libros, así como los métodos de enseñanza y evaluación – al menos, los que en los libros se prescribían. La más profunda y acabada reforma curricular ocurrió en el nivel primaria, que fue reorganizada en cuatro áreas principales: español (con un nuevo enfoque lingüístico), matemáticas (con un nuevo enfoque de teoría de conjuntos), ciencias naturales y ciencias sociales; además de educación física y artística. Koboyashi *et al.* (1976) describen el enfoque adoptado por los reformadores del área de ciencias naturales (del DIE-CINVESTAV) y la de ciencias sociales (del COLMEX):

El área de ciencias favoreció la investigación y el trabajo de equipo, un análisis histórico más interpretativo y menos datístico. Se abandonó el tradicional eurocentrismo y se adoptó un enfoque universal que se atrevía a explicar todos los aspectos de la historia, incluyendo acontecimientos recientes. El proceso de civilización se abordó como un fenómeno que mostraba variantes de acuerdo con los recursos que ofrecía a cada grupo humano el medio ambiente. No se olvidó bosquejar los problemas del mundo contemporáneo como los ecológicos, el contraste entre norte y sur y las revoluciones de Cuba, China y Vietnam. Esto y el abordar elementos de educación sexual produjeron un escándalo y grandes protestas nacionales. A pesar de cortes y cambios, los textos estuvieron vigentes hasta 1992 (Koboyashi et al., 1976, p. 222).

También hubo innovaciones en la educación media superior: se crearon los Colegios de Bachilleres y los Colegios de Ciencias y Humanidades, que buscaban dejar atrás el enciclopedismo clásico y adecuarse a las necesidades modernas. En materia de educación superior, algunas de las principales novedades fueron la Universidad Autónoma Metropolitana, la Universidad Autónoma de Aguascalientes y la Asociación Nacional de Universidades e Instituciones de Educación Superior (ANUIES), mediante la cual se buscaba orquestar la política de educación superior.

Otro punto importante en el discurso de la reforma se refería a la expansión de los servicios educativos para ampliar el acceso por parte de las clases populares. Como se mencionaba antes, la expansión se había intencionado desde hacía dos sexenios con el Plan de Once Años. Los fenómenos del crecimiento demográfico y la urbanización rampante mantenían vigente el reto a inicios de los setenta³⁰. Algunos auto-

30 Al respecto, Sarah Corona y Arnulfo Santiago citan la descripción que Cosío Villegas hiciera de esta situación: un notable crecimiento poblacional que llegó a ser de 3.4% al año. «Casi la mitad de la población (49.93%) no está en

res (Meneses, 1991, p. 190; Koboyashi *et al.*, 1976, p. 143) resaltan los esfuerzos que se hicieron por expandir los servicios educativos, pero Pablo Latapí estima que esta expansión no fue ni suficiente, ni tendiente a la redistribución, ya que privilegió la educación superior y no la básica (Latapí, 1998, pp. 96-96 y III).

Además de las medidas en el rubro de la educación formal, la Reforma se caracterizó por un afán de llevar las atribuciones del Estado en materia educativa a nuevos terrenos: se promovieron mecanismos para la acreditación de saberes y habilidades laborales, se abrieron modalidades de educación abierta, informal, «bivalente» y esquemas de flexibilización para transitar de unos esquemas a otros – esta flexibilización iba en consonancia con innovaciones que se estaban dando en otros países (Latapí, 1998, p. 71) –, y con una apuesta por mejorar las perspectivas ocupacionales de la población. También se buscó llegar a localidades rurales e indígenas con el modelo del Consejo Nacional de Fomento Educativo (CONAFE) (que habilita a jóvenes egresados de secundaria o bachillerato para ser instructores en las comunidades más pequeñas y alejadas) y mediante misiones culturales. Asimismo, para la atención a los adultos, se abrieron los Centros de Educación Básica para Adultos, antecedentes del Instituto Nacional para la Educación de los Adultos (INEA).

Otro rubro que caracterizó a esta reforma fue una producción diversificada de materiales y medios de difusión educativa, de forma adicional a los nuevos libros de texto gratuito:

Durante el sexenio se agudizaron las preocupaciones por el impacto de los medios de comunicación y su gran influencia general; se experimentaron ampliamente con radio, televisión, carteles, libros y revistas las técnicas para la educación de masas. También se hicieron grandes tirajes de 315 títulos de la colección SEP-setentas y se filmaron 42 cortometrajes educativos (Koboyashi et al., 1976, p. 223).

Sarah Corona y Arnulfo Santiago (2011) realizan un análisis y un catálogo de las publicaciones de la SEP en el periodo, y notan que «los libros de lectura en este sexenio fueron fruto de una amplia selección que abarcó la literatura mundial y nacional, con un criterio que permitió mezclar lo antiguo y lo moderno, los clásicos junto a la tradición popular, lo infantil al lado de nuevas propuestas» (Corona y Santiago, 2011, p. 81).

Por último, cabe destacar que, aunque la Reforma no trajo cambios significativos en cuanto a la formación del magisterio, sí se mejoraron sus condiciones salariales y laborales, y que, mediante la creación de la Dirección General del Mejoramiento Profesional al magisterio, las escuelas normales pasaron

edad de trabajar porque tiene menos de catorce años o más de sesenta y cinco. Esto significa que veintitrés millones de mexicanos tienen que trabajar no sólo para mantenerse y educarse ellos mismos, sino para mantener y educar a los veintitrés millones que por razón de edad no pueden hacerlo. En fin, el otro gran problema es la concentración urbana de la población, el éxodo continuo del campo a la ciudad, y la imposibilidad de que la ciudad les dé a todos trabajo, educación, atención médica, etcétera» (Villegas, 1984, pp. 11-12, citado en Corona y Santiago, 2011, p. 76).

a ser Instituciones de Educación Superior. Durante el sexenio, conforme a la usanza del corporativismo priísta, el presidente dio su apoyo oficial a Carlos Jongitud Barrios para controlar el Sindicato Nacional de Trabajadores de la Educación. Junto con su grupo Vanguardia Revolucionaria, Jongitud conservaría el control del SNTE hasta 1989, cuando Elba Esther Gordillo tomaría su lugar.

Parte del discurso echeverrista se refería a lograr una autosuficiencia tecnológica para terminar con la dependencia imperialista, y así aumentar la productividad, sobre todo en el sector agropecuario: se buscaba la ‘explotación racional’ del campo y de los recursos naturales. La designación de alguien con el perfil de Bravo Ahúja en la cartera de educación iba en consonancia con esta idea. Enrique Leff refiere que fue sólo unos años antes de este periodo cuando los países ‘subdesarrollados’ crearon la «conciencia de la importancia de poner en marcha una política científico-tecnológica nacional», a raíz de una junta de presidentes latinoamericanos en Punta del Este en 1967 (Leff, 1979, p. 271). Narra que la idea fue efecto de la difusión de las también recientes políticas en ciencia y tecnología de los países industrializados, así como de los objetivos de desarrollo planteados por la Organización de las Naciones Unidas (ONU). Estos antecedentes convivían con una corriente de reflexión en América Latina que postulaba la necesidad de un desarrollo científico y tecnológico apropiado a las necesidades de estos países: vías alternas frente a la crisis de confianza en la ciencia a partir de la Segunda Guerra Mundial y frente al conflicto de la Guerra Fría (ver Sauro, 2013).

Así, el sexenio echeverrista fue el primero en el que se formuló en México una política en ciencia y tecnología, con la creación del CONACYT en 1970, y con una formulación que culminó en el Plan Nacional Indicativo de Ciencia y Tecnología en 1976. Sin embargo, fue en el terreno de los estudios técnicos, tecnológicos y agropecuarios – especialmente pesqueros – a nivel de educación básica, media y superior donde se dieron novedades cuantitativamente notables³¹. Era parte de la política económica, y también, reflejo de la apuesta por que la dotación de habilidades técnicas mejorara las perspectivas ocupacionales de la población – aunque, para Pablo Latapí, esta política de capacitación no se complementó con una política económica, salarial y de empleo que redundara en los efectos deseados (Latapí, 1998, p. 86). El proyecto de aprovechar litorales y lagunas costeras, que Bravo Ahúja ya había impulsado en sus cargos anteriores, se concretó durante su gestión como secretario en la creación de instituciones de capacitación e investigación:

A ellas [las 30 escuelas técnicas pesqueras] asistían los hijos de pescadores y campesinos, quienes, además de cursar el ciclo básico de educación media, recibían adiestramiento en actividades tecnológicas de pesca, apicultura, navegación y máquinas, que los capacitaba para continuar estudios o trabajar en la industria pesquera. Se crearon asimismo seis centros de estudios en ciencias y tecnologías del mar de nivel medio superior (Meneses, 1991, p. 182).

³¹ Ver Meneses (1991, pp. 181-182) y Koboyashi *et al.* (1976, p. 143).

La capacitación técnica se contempló incluso como un área dentro de la educación primaria, aunque no llegó a concretarse como tal.

Volviendo a la primaria: si bien la reforma educativa tuvo mucho de continuidad con las políticas anteriores, el cambio en los planes y programas, concretado en los nuevos libros de texto de primaria, sí trajo novedades significativas respecto de los anteriores. Como se señalaba anteriormente, se reorganizaron las áreas de estudio y cambiaron sus enfoques, en un sentido que varios consideran revolucionario: una ruptura con la tradición escolar (Koboyashi *et al.*, 1976, p. 211; Latapí, 1998, pp. 94 y 142)³², tanto en los métodos como en los contenidos, como se detallará para el caso de los libros de ciencias naturales en el Capítulo 6.

Los cambios no fueron recibidos con entusiasmo por todos los sectores. En 1959 había sido editada la primera generación de libros de texto gratuitos en México, y la controversia se había centrado en su existencia misma, pues la presencia sin precedentes de libros homogéneos y obligatorios significaban para muchos una injerencia totalitaria del Estado en la educación (Meneses, 1991, p. 289, Koboyashi *et al.*, 1976, pp. 136-140), mientras que para otros significaba un paso clave en la democratización de la educación básica. Trece años después, en cambio, la política de los libros de texto se había incorporado en el *ethos* nacional, y las controversias giraron en torno a los ‘revolucionarios’ contenidos en ciencias sociales y ciencias naturales.

En los de ciencias naturales se incluía por primera vez la educación sexual. La Unión Nacional de Padres de Familia (UNPF) y otros actores se opusieron vehementemente a que esto apareciera en los libros. En el fondo del asunto, sin embargo, se encontraba un tema enteramente diferente: el presidente Echeverría tenía la intención de hacer una reforma fiscal para gravar más fuertemente a los grandes capitales, ante lo cual algunos empresarios orquestaron, a través de las jerarquías de la iglesia, el reclamo público a propósito de la educación sexual para ejercer presión al gobierno. Finalmente se negoció que permanecería la educación sexual, a cambio de que se desistiría de la reforma fiscal (Candela, A. Comunicación personal, 21 de octubre de 2015). Por su parte, los voceros del episcopado se deslindaron de la protesta, algunos jesuitas manifestaron su desacuerdo con ella, y los maristas aprobaron en general los nuevos libros después de analizarlos. Sólo sugerían que se abordara el tema de «los valores humanos y morales que podían lesionarse con las prácticas sexuales» (Meneses, 1991, p. 288)³³.

³² «La enseñanza primaria fue la más beneficiada por las innovaciones cualitativas de la reforma. Con la reforma de los planes, programas y libros de texto, se inició una movilización hacia la innovación, principalmente al establecer los siguientes criterios para la estructuración de los programas. El carácter permanente y abierto del proceso educativo, la actitud científica, la conciencia histórica, la relatividad del conocimiento y el acento en el aprendizaje más que en la enseñanza. Estos criterios definen una filosofía educativa propia y original. Se fomentó así una actitud activa y crítica en el alumno, en consonancia con los valores estimulados teóricamente por la «apertura democrática» (Latapí, 1998, p. 94).

³³ El secretario Bravo Ahúja hizo compendiar y publicar los numerosos comentarios en un sentido y en otro que habían aparecido en la prensa a propósito de esta controversia: SEP. (1975). Los libros de texto gratuitos. Instrumento esencial de la Reforma Educativa, en *Revista SEP*, número extraordinario. México: Secretaría de Educación Pública.

Además del tema de educación sexual, la UNPF impugnaba el libro de 6° año de ciencias naturales «por referirse a la existencia de Dios como un mito o una explicación mágica, a falta de explicación científica» (Meneses 1991, p. 290) (aunque en los libros en ningún momento se afirmara esto). Los libros de ciencias sociales también fueron fuente de reclamos por parte de la UNPF: censuraron que estuvieran inspirados en principios marxistas. Ya antes de que el libro de 6° grado llegara al público, intelectuales cercanos al gobierno habían logrado ciertos cambios al texto por ese motivo (ver Meneses, 1991, p. 288). Los hermanos maristas, que habían aprobado en general los libros, pedían «una actitud más crítica respecto de los regímenes socialistas (no todas sus acciones eran aceptables)» (Meneses, 1991, p. 288). Años después, estos embates que buscaban contrarrestar la marcada tendencia de los textos, volvieron a la ofensiva y consiguieron ciertos éxitos. Los detalles resultan interesantes, pues también fue materia de disputa la inclusión de ciertos personajes de ciencia:

La iniciativa privada logró ciertas modificaciones de los libros que la prensa no consignó. A principios del invierno de 1974-1975, se celebró con gran sigilo en Monterrey una reunión entre Víctor Bravo Ahúja, Porfirio Muñoz Ledo y Roger Díaz de Cosío, de parte del gobierno, y algunos empresarios regiomontanos, de la iniciativa privada. Muñoz Ledo recibió el encargo de Echeverría de vigilar las modificaciones a la edición, incluidas las solicitadas por el grupo de Monterrey y la Unión Nacional de Padres de Familia: suprimir la fotografía de Mao; en su lugar se puso otra, poco conocida, de Mao joven; cambiar la del «Che Guevara», que se sustituyó por una de un timbre postal cubano; la presencia de Charles Darwin (1809-1882), Karl Marx (1867-1934), Sigmund Freud (1856-1939), etcétera, se equilibró con la de Marie Curie (1867-1934), Claude Bernard (1867-1934), científicos ajenos a corrientes ideológicas. De Marx y Darwin se advertía que hicieron una contribución más a las ciencias sociales y naturales (Latapí, 1979, pp. 57-60; Villa Lever, 1988, pp. 198-199) (Meneses, 1991, pp. 288-289).

El contexto de política pública en el que se planteó la reforma curricular en ciencias naturales fue uno de altas expectativas. Se partía de una línea política clara, pero a la vez se buscaba proyectar una legitimidad amplia, como muestra el hecho de haber realizado la consulta inicial a sectores diversos, y haber incorporado a disidentes del 68. Se buscaba además una factura académica, científica y contemporánea de los programas, como lo refleja el haber asignado los currículos de primaria a instituciones de educación superior. Es clara también la intención del Estado de modernizar, expandir, diversificar y aún innovar los servicios y materiales educativos. El perfil del secretario Bravo Ahúja es también indicativo del impulso que se procuró dar a la ciencia y a la técnica, sobre todo en lo agropecuario. Con este marco, se entrará ahora sí en la materia específica: la conformación del equipo reformador del currículo de ciencias naturales en primaria, su proceder en el mismo, y el producto resultante.

§



4

LOS REFORMADORES DEL CURRÍCULO DE CIENCIAS NATURALES

Si bien mucho de la política educativa echeverrista fue continuación de políticas anteriores, sí hubo una importante renovación pedagógica a través de la reforma curricular de ciencias naturales en primaria. ¿Quiénes fueron los reformadores en esta área? ¿Cómo y por qué fueron designados? ¿Cuál fue el encargo que se les hizo? ¿Cuál fue el arreglo institucional bajo el cual se realizó? ¿Cuál fue el punto de partida, cuáles los recursos y cuáles los productos? Es esto lo que se abordará en el presente capítulo.

Se le atribuye al entonces subsecretario de Planeación de la SEP, Roger Díaz de Cossío – ingeniero al igual que el secretario, y con experiencia como Coordinador de Investigación Científica en la UNAM durante el rectorado de Barrios Sierra –, la visión de poner a instituciones de educación superior y a científicos y académicos reconocidos al frente de la elaboración de los programas³⁴. Se trataba de poner este conocimiento al servicio de la educación básica. (Los libros de texto anteriores habían estado a cargo de maestros normalistas ligados a la SEP). Fue el mismo Díaz de Cossío quien auspició la idea de que el desarrollo curricular debía ser un proceso de largo plazo, que incluyera la formación de equipos interdisciplinarios cuyo trabajo, lejos de concluir con la entrega de los productos, continuara en el campo de la investigación, desde el cual se pudieran fundamentar las decisiones educativas.

Tal fue el planteamiento que convenció al microbiólogo y ex rector de la Escuela de Ciencias Biológicas del IPN, Juan Manuel Gutiérrez-Vázquez, para participar y coordinar este proyecto del gobierno echeverrista, aun cuando su actuación en el conflicto del 68 (durante el cual impidió la entrada de las fuerzas públicas en el plantel que dirigía) le había merecido la persecución policial e incluso un breve exilio. Contrario a lo que suele creerse, no fue él el fundador ni primer director del Departamento de Investigaciones Educativas del Centro de Investigaciones y Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional (DIE-CINVESTAV); e incluso, cuando recién se incorporó, su estatus como disidente obligó a que en un inicio no fuera él quien apareciera como coordinador del proyecto. Otros de los jóvenes científicos reclutados también mostraron una resistencia inicial a incorporarse (DIE-CINVESTAV, 2014), en razón de sus antecedentes políticos marxistas, de oposición al autoritarismo, de organización estudiantil y de participación en el movimiento del 68 (como fue el caso de Antonia Candela y otros participantes). Sin embargo, la promesa de autonomía y libertad académica, y la posibilidad de incidencia que representaba el elaborar libros con un nuevo enfoque educativo e ideológico, que llegarían a manos de todos los alumnos y maestros del país, convenció a los convocados (Candela, 1989, p. 6)³⁵.

Así, al abrigo de la solidez académica, la continuidad institucional y la independencia respecto de la estructura burocrática de la SEP para realizar el proyecto, se fundó el Departamento de Investigaciones Educativas del CINVESTAV en 1971, «mediante un convenio firmado con la SEP» (Candela, 1989, p. 7). El acuerdo fue que la institución se encargaría del diseño de los programas y de los libros de texto para los seis grados, con sus respectivos Auxiliares Didácticos para los docentes. Pero además de esto, el DIE-CINVESTAV

34 Además de Juan Manuel Gutiérrez-Vázquez (Politécnico Nacional), elegido para coordinar el área de ciencias naturales, las otras instituciones y coordinadores fueron: para español, Gloria Bravo Ahúja (Colegio de México); para ciencias sociales, Josefina Vázquez, (Colegio de México) y para matemáticas, Carlos Imaz (CINVESTAV).

35 Para ilustrar el grado de libertad con el que contaron los reformadores, y hasta qué punto ellos exigían esta condición, Gutiérrez-Vázquez y Antonia Candela suelen referir la siguiente anécdota: para uno de los libros querían incluir una fotografía de Mariana Yampolsky donde aparecía una niña indígena descalza. El secretario Bravo Ahúja indicó que se excluyera, porque daba una mala imagen de la niñez mexicana, a lo cual el equipo respondió que, si no se incluía la imagen, todos renunciarían, y el secretario aceptó incluirla (DIE-CINVESTAV, 2014).

nació también «con el claro designio de constituir y consolidar a su vez un grupo de investigación» (De Ibarrola, 1989, p. 56). En ese entonces no existían en el país especialistas en el campo de la investigación de la enseñanza de las ciencias, y las únicas instituciones de investigación educativa en general eran el Centro de Estudios Educativos (entonces de filiación jesuita), y el recién fundado Instituto Nacional de Investigaciones Educativas (perteneciente a la SEP, cuya labor investigativa no prosperó). Entonces, prácticamente no se contaba con expertos, ni tampoco con un *corpus* empírico y teórico específico del tema, del cual partir.

La estrategia de encargar a científicos la elaboración de programas y materiales de EC tenía antecedentes internacionales en la década de los sesenta, como se mencionaba en un capítulo anterior. Esta tendencia después fue juzgada como una falla, que se intentó remediar conformando equipos más plurales, pero en la práctica, en muchas ocasiones, prevalecía la visión de los científicos³⁶. En este sentido, Gutiérrez-Vázquez defiende la reforma por él coordinada: a pesar de que muchos la identifiquen como la reforma «de los científicos», él resalta el carácter interdisciplinario de su equipo. En él, además de científicos jóvenes asesorados por científicos consagrados, participaron maestros, ilustradores, fotógrafos y diseñadores gráficos (Gutiérrez-Vázquez, 1995, p. 32). Antonia Candela, en diversas oportunidades, enfatiza el estilo horizontal y dialógico del trabajo en equipo que se realizaba:

El trabajo colectivo fue una de las características importantes del desarrollo del proyecto. Primeramente se discutieron en equipo las orientaciones generales sobre el enfoque pedagógico; posteriormente los científicos elaboramos las propuestas del contenido y estructura para cada disciplina y su desarrollo a lo largo de los seis grados de primaria. Esto se tradujo en una secuencia lógica para cada tema y cada disciplina, que le dio una estructura adecuada a cada grado.

Cada especialista escribía las lecciones que le correspondían para un grado y se discutían varias veces en el equipo completo. Se llegaron a hacer hasta 11 versiones de una lección, que incluían revisiones con el equipo de autores, experimentación directa en las aulas, supervisión con expertos de cada tema y trabajo gráfico con fotógrafos, ilustradores y formadores» (Candela, 1989, p. 8).

Para ella, todo esto contribuyó no sólo a la coherencia del resultado (cosa que no ocurrió en otros sexenios), sino también a una vinculación de la ciencia con perspectivas culturales.

Juan Manuel Gutiérrez-Vázquez fue una figura de gran liderazgo para el grupo³⁷, que poseía una visión muy definida de lo que debía ser el proceso de desarrollo curricular y la elaboración de materiales de ciencias naturales en la educación básica. En textos y entrevistas recopilados en su libro *Con paso lento*

36 Ver Duschl (1985), McCormack (1992), y Gutiérrez-Vázquez (2004, pp. 92-103).

37 Ver Gutiérrez (16 de diciembre de 2008), Toledo (22 de agosto de 2008), y la «Nota de autores» en *Educación: Revista del Consejo Nacional Técnico de la Educación*. Vol. 8, núm. 42, 361.

y *agitadamente* (2004), narra su pasión por la microbiología, que tuvo oportunidad de explorar desde niño y adolescente, y que lo llevó a estudiar microbiología en el IPN, donde luego enseñó, investigó y publicó durante diez años, siendo la tuberculosis su principal línea de trabajo (incluso fue fundador y director de la *Revista Latinoamericana de Microbiología*, 1958). Pronto lo reclamaron cargos más directivos dentro de la Escuela, hasta llegar al de director. Su pasión se repartía por igual entre la investigación en microbiología como tal, la enseñanza de la ciencia, y las funciones sociales de la ciencia:

En muchos países la carencia de profesores de ciencias, desde la secundaria, e incluso la carencia de científicos, es notable porque la gente no considera importante estudiar eso. Y no solamente por eso es muy importante la diseminación de la ciencia; es importante porque la gente comete muchísimos errores, algunos de ellos mortales, por falta de información confiable. Todo científico debería desarrollar sus competencias como comunicador y ponerse en contacto con la gente, tanto para que las personas entiendan mejor lo que está pasando como para que participen más en los problemas que están ocurriendo a su alrededor, así como para que ella misma conduzca su vida. Recuerdo cuando fui Director de la Escuela de Ciencias Biológicas en el Politécnico, cómo me impactó que en nuestras aulas y laboratorios se impartiese el mejor curso de microbiología sanitaria del país, pero cruzando la calle, en las casas de enfrente, una chica de ocho años murió de una intoxicación alimentaria; de manera que la diseminación de nuestros conocimientos no alcanzaba ni a cruzar la calle» (Gutiérrez-Vázquez, 2004, p. 48)³⁸.

Además de sus facetas como científico y educador, Gutiérrez-Vázquez fue militante comunista, tenía talentos y afiliaciones artísticas y socializaba con algunos de los más prominentes literatos, pintores, fotógrafos, etcétera (Candela, 2004, p. xi). Contaba también con experiencia como docente en la escuela activa Bartolomé de Cossío.

De sus escritos resulta evidente que la producción de los libros de texto fue para él también una pasión: el libro de texto en tanto artefacto funcional, en tanto objeto estético, en tanto libro valioso y entrañable que todos los niños y maestros llegarían a poseer y utilizar, en tanto obra científica, en tanto material educativo, en tanto vehículo de un proyecto humanista y popular... incluso en tanto proyecto que exigía, para su elaboración, un esmerado trabajo en equipo y una hábil administración de recursos humanos.

³⁸ Fragmento de la entrevista realizada por Alejandra Pellicer y Antonio Gómez el 15 de octubre de 2003.

Aunque al iniciar el proyecto, Gutiérrez-Vázquez no era especialista en EC, llegó a consolidarse en esta área y tener incidencia y reconocimiento a nivel internacional³⁹. El resto del equipo⁴⁰, como se ha dicho, tampoco estaba conformado por expertos en esta área, sino que provenían de diversas otras. Antonia Candela, joven física de la UNAM, que trabajaba al lado del reconocido físico Luis de la Peña cuando se incorporó al proyecto, tuvo un rol preponderante: «Elaboró las lecciones de física, algunas de metodología y las que muestran la ciencia como un fenómeno social; en forma global, preparó alrededor de la cuarta parte de los textos», con la asesoría de Luis de la Peña (Candela, 1989, p. 7).

Existió un equipo base de autores, mientras que otros eran invitados para elaborar lecciones puntuales de ciertos tópicos. La elaboración de las lecciones de biología aglutinó a un interesante equipo de involucrados: Judith Espinosa las realizó casi todas, con asesoría de Dalila Martínez de Muñoz (CINVESTAV) y de Sergio Estrada O. y Guillermo Carvajal (Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, IPN). El mismo Juan Manuel Gutiérrez-Vázquez elaboró algunas de las lecciones, «sobre todo las que tenían relación con el cuerpo humano y la salud» (Candela, 1989, p. 7). Otras lecciones, en la segunda etapa de la reforma, las elaboró Rosa Vera (Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, IPN; se quedó en las filas del DIE-CINVESTAV). Elsie Rockwell, una antropóloga que Gutiérrez-Vázquez reclutó cuando ella trabajaba en la SEP, también pasó desde entonces a las filas del DIE, y aportó algunas lecciones de nutrición en la reforma.

En astronomía participaron Deborah Dultzin, José Franco y Antonio Lazcano, que en ese entonces trabajaba en el Instituto de Astronomía. Este último elaboró una lección sobre el vuelo, donde se recuperaba desde la historia de los primeros intentos humanos por volar, hasta los satélites (Candela, A. Comunicación personal, 21 de octubre de 2015). Ellen Davis elaboró lecciones de Geofísica, con el apoyo de Servando de la Cruz y la asesoría de Cinna Lomnitz (Instituto de Geofísica, UNAM), mientras que Horacio García (Facultad de Química, UNAM) elaboró las de Química y Ana María Rocabert (psicóloga de la UNAM), «ayudó al trabajo general y realizó algunas lecciones sobre comportamiento animal y salud mental» (Candela, 1989, p. 7).

³⁹ Lideró y participó en numerosas publicaciones, eventos y asociaciones especializadas nacionales e internacionales. Por ejemplo, fue fundador y director del Consejo Nacional para la Enseñanza de la Química, fundador presidente del Consejo Nacional para la Enseñanza de la Biología, miembro de la *Comission of Biological Education de la International Union of Biological Sciences* y del *Committee of the Teaching of Science del International of Scientific Unions*, donde fungió como presidente de un subcomité. Fue también fundador de la Editorial Siglo XXI, de la revista *Chispa* y la revista *Redes* de enseñanza de la ciencia para maestros, entre otras. A partir de 1987 enseñó durante diez años el curso sobre currículo en la *School of Education* de la Universidad de Bristol. Desde Inglaterra asesoró proyectos y políticas en torno a la EC en más de 40 países. En las últimas décadas de su vida fundó el Centro de Investigación y Desarrollo del Estado de Michoacán y el Centro Michoacano para la Enseñanza de la Ciencia y la Tecnología en Tzurumútaro, trabajó en el CREFAL en ese estado y colaboró con el gobierno local para impulsar proyectos e instituciones educativas. ⁴⁰ Ver Candela (1989, pp. 7-9) y la «Nota de autores» en *Educación: Revista del Consejo Nacional Técnico de la Educación*, 8 (42), 361-365.

La fotografía Mariana Yampolsky, quien formaba parte del Taller de Gráfica Popular y se caracterizaba por su estilo nacionalista, también jugó un rol central, puesto que, en la concepción de Gutiérrez-Vázquez, la imagen en sí misma – en el diseño editorial, en las ilustraciones, en las fotografías – constituía en buena medida al libro de texto. Es por eso que el papel de Yampolsky no se limitaba a aportar fotografías ni a coordinar la inclusión de imágenes, sino que consistía en concebir los libros y las lecciones como un todo visual. En el libro del alumno de 3° grado, por ejemplo, Antonia Candela y Mariana Yampolsky fueron las encargadas de diseñar y redactar el libro como tal, a partir de las lecciones elaboradas por los distintos autores (Candela, A. Comunicación personal, 21 de octubre de 2015).

En la siguiente hoja de créditos, tomada de uno de los libros de texto, puede verse el involucramiento de estas y otras personas e instituciones en el proyecto:

Coordinador: Juan Manuel Gutiérrez-Vázquez.

Autores: María Antonia Candela, Ellen Davis, Sergio Estrada Orihuela, Horacio García, J.M. Gutiérrez-Vázquez, Dalila Martínez de Muñoz, Bertha Sola Valdés, Mariana Yampolsky: *Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional*. Guillermo Carvajal, Judith Espinosa: *Escuela Nacional de Ciencias Biológicas del Instituto Politécnico Nacional*. Servando de la Cruz, Cinna Lomnitz: *Instituto de Geofísica de la Universidad Nacional Autónoma de México*. Luis de la Peña: *Instituto de Física de la Universidad Nacional Autónoma de México*. Miguel Ángel Herrera: *Instituto de Astronomía de la Universidad Nacional Autónoma de México*. Matías Ayala Zazueta: *Dirección General de Conservación de Suelo y Agua de la Secretaría de Agricultura*. Leodegario Ríos Pineda: *Dirección General de Coordinación Educativa de la Secretaría de Educación Pública*. Rosario Colín Vargas: *Dirección General de Educación Audiovisual y de Divulgación de la Secretaría de Educación Pública*. Raymundo Moreno Alcántar, Gabriel Ojeda Vázquez: *Dirección General de Mejoramiento Profesional del Magisterio de la Secretaría de Educación Pública*. Alicia Villaseñor Salinas, *Dirección General N° 1 de Educación Primaria en el Distrito Federal de la Secretaría de Educación Pública*. Guadalupe Mena Martínez: *Dirección General del Valle de México de la Secretaría de Educación Pública*.

Fotógrafos: Carlos Blanco Fuentes, Lázaro Blanco Fuentes, Gerardo Kohlmann, Bob Schalwijk, José Verde, Mariana Yampolsky.

Formación: Jorge Ramírez, Daniel Boldó.

Ilustradores: María Isabel Camberos, Felipe Dávalos, Andrea Gómez, Armando López, Sidney R. de Naranjo, Rogelio Naranjo, Leticia Tarragó, Enrique Valderrama, Miguel Ángel Vega Colín, Mariana Yampolsky.

Durante los primeros cuatro años de trabajo se produjo la primera generación de los libros de texto de todos los grados, con sus respectivos Auxiliares Didácticos para el maestro (llamados ‘Libros para el Maestro’ en años posteriores). Los primeros libros de los primeros grados comenzaron a usarse en 1972, y tuvieron una longevidad impresionante, tomando en cuenta los estándares mexicanos actuales: «Los textos de 1°, 2° y 3er grado estuvieron vigentes hasta 1981, mientras que los de 4°, 5° y 6° grado tuvieron una vigencia de alrededor de 25 años, hasta que fueron sustituidos a partir de 1997 por los de la reforma de 1993» (Candela *et al*, 2012, p. 15).

Los libros de texto fueron el material de referencia a partir del cual la reforma curricular fue introducida y conocida, tanto por la opinión pública como por los alumnos y maestros (con el añadido de

los Auxiliares Didácticos en el caso de estos últimos). Casi podrían considerarse sinónimos la reforma curricular y estos materiales, dado que, a diferencia de lo que ha ocurrido en otras reformas, la de los setenta no se socializó a través de otros documentos como planes y programas separados de los libros (aunque existieron), y tampoco hubo otros medios significativos de socialización o formación⁴¹, lo cual fue una falla importante:

...la capacitación de los maestros en servicio, se entregó a la dependencia de la SEP tradicionalmente encargada de ello, con lo que el desarrollo profesional de los docentes, en lo que a la reforma educativa se refiere, quedó circunscrito a un solo episodio con cuando menos cuatro niveles de multiplicación y en el que el capacitador y los docentes se concretaron a leer fotocopias de alguno de los materiales producidos. El currículum para la formación inicial de maestras y maestros en las Escuelas Normales tampoco se reformó para que fuera consistente con las modificaciones tan sustantivas que se habían introducido en la educación primaria. (Gutiérrez-Vázquez, 1995, pp. 36-37).

Para Candela, la estrategia empleada, «Más que un apoyo y guía para comprender el nuevo enfoque pedagógico de los libros de texto, (...) contribuyó a fomentar la resistencia natural de los maestros ante un cambio curricular decidido verticalmente y que les exigía una modificación en su práctica docente cotidiana» (Candela, 1989, p. 6). Además, hubo una fuerte movilización de resistencia magisterial por parte de la burocracia sindical y normalista, puesto que la participación de ‘universitarios’ ajenos, se percibía como un desplazamiento de los maestros en la elaboración de textos (Candela, A. Comunicación personal, 12 de noviembre de 2015).

La introducción súbita de los nuevos libros representó para los docentes, cuando menos, una auténtica novedad. Es ilustrativo el testimonio de esta maestra:

A partir de la Reforma Educativa y los nuevos libros de texto sentí que ahora sí podría trabajar mejor las Ciencias Naturales, por lo que con mucho entusiasmo traté de poner en práctica los experimentos que traían los libros y formé equipos dentro del grupo para que hicieran los experimentos conforme se fueran presentando.

El primer problema al que me enfrenté en esta etapa fue que la disciplina de mi grupo se vio afectada seriamente. Yo estaba acostumbrada a que se guardara silencio dentro del salón mientras se trabajaba. Pero cuando di la oportunidad a los niños de experimentar empezaron a desordenarse y a «platicar».

⁴¹ Ver las críticas de Pablo Latapí y Martha Eugenia Curiel a este respecto, citadas por Corona y Santiago (2011, p. 77).

El otro problema al que me enfrenté fue para mí el más grave, ya que al empezar a experimentar los alumnos hacían observaciones a veces diferentes a lo que se suponía debían sacar y empezaban a hacer preguntas que yo no podía contestar, lo que me hacía sentir muy mal (Dávila y Valadez, 1982, pp. 189-190)42.

Gutiérrez-Vázquez y el resto del equipo eran conscientes de que, a pesar de la consulta que se había realizado, y de la estrategia novedosa de encargar el currículo a instituciones de alto nivel, finalmente era el gobierno quien promovía la reforma, y recurría «a una estrategia «desde arriba hacia abajo» basada en el poder y la prescripción combinada con el establecimiento de normas y la capacitación de los docentes» (Gutiérrez-Vázquez, 1995, p. 32). Por esto, y porque el encargo era un 'problema típico de investigación y desarrollo', Gutiérrez-Vázquez propuso a la SEP (al ingeniero Roger Díaz de Cossío) probar y experimentar con los materiales conforme se fueran produciendo (Gutiérrez-Vázquez, 1995, p. 32).

El seguimiento que desde el DIE-CINVESTAV se dio a la implementación de la reforma en las aulas, mediante observaciones etnográficas y la impartición de talleres a maestros en ejercicio, permitió constatar fenómenos como el que narra la maestra; todo a pesar de que habían intentado tomar en cuenta las condiciones adversas: un sistema educativo que atendía a gran cantidad de niños en grandes grupos y sin infraestructura óptima, con altos índices de reprobación y deserción, un estilo de enseñanza centrado en el contenido y un estilo docente «más bien expositivo, paternalista y autoritario» (Gutiérrez-Vázquez, 1995, p. 32).

Como lo sintetiza Gutiérrez-Vázquez, su equipo llegó a la autocrítica conclusión de que había pecado «de excesiva confianza tanto en la eficacia de la palabra escrita como en la capacidad y flexibilidad del sistema educativo para asimilar los cambios propuestos que eran en verdad ambiciosos» (Gutiérrez-Vázquez, 1995, pp. 36-37). Esto los llevó a realizar modificaciones en ediciones posteriores⁴³. En efecto, los estudios etnográficos llevaron al equipo a constatar que la práctica docente siempre es una mezcla

42 No fue sino hasta que esta maestra se involucró en un proyecto en una escuela para hijos de trabajadores del STU-NAM, con asesoría de las investigadoras del CINVESTAV, que pudo poner en práctica lo que se le sugería en el libro, y de una forma incluso mucho más radical en cuanto a la flexibilidad y al papel central de los alumnos y sus intereses.

43 Un interesante ejemplo de dichas constataciones se encuentra en Gutiérrez-Vázquez *et al* (1993). Los autores, a partir de sus registros de años anteriores en escuelas del estado de Michoacán, concluyen que las clases de ciencias naturales que tenían lugar eran pocas, pero que en la mayoría de ellas sí se utilizaban los libros de texto, aunque no de las formas esperadas. En alrededor de 30% de estas clases se realizaban los experimentos, pero no de forma adecuada ni conducente al aprendizaje, puesto que consistían sobre todo en demostraciones por parte del maestro, sin dar ocasión a que los alumnos manipularan, dialogaran, reflexionaran o llegaran a conclusiones. Las salidas al campo, que el libro de texto recomendaba con frecuencia, rara vez se hacían. En cambio, los usos que se le daban al libro de texto eran: basar en ellos las exposiciones de parte del maestro (aunque muchas veces sin un dominio del tema en cuestión), leerlos en voz alta (sobre todo el maestro), copiar textos, memorizar contenido y responder las preguntas a modo de cuestionario (en lugar de emplearse como preguntas generadoras de reflexión).

de tradiciones, y que los cambios requieren tiempos largos (Candela, A. Comunicación personal, 12 de noviembre de 2015). Otra fuente de crítica vino con la llegada de María Salud Núñez al DIE en los ochenta. Núñez regresaba de estudiar en la escuela psicogenética con Jean Piaget y Rolando García en Ginebra: desde esa perspectiva, consideraba que las etapas de desarrollo de los niños no habían sido tomadas en cuenta cabalmente en la primera etapa de la reforma⁴⁴.

El desarrollo curricular y de materiales que dio origen al DIE-CINVESTAV en los setenta, más los estudios a partir de la implementación de la reforma y los ajustes correspondientes, sentaron la base para subsiguientes desarrollos de programas educativos encargados por la SEP, ya no sólo en el área de ciencias naturales: notablemente, la propuesta Dialogar y Descubrir del CONAFE, el modelo de Primaria Intensiva 11-14, y el Plan de Actividades Culturales de Apoyo a la Educación Primaria (PACAEP). Al mismo tiempo, el DIE se consolidaba como un centro de investigación, desarrollo y formación de investigadores reconocido no sólo por la SEP y en el campo de la educación a nivel nacional e internacional, sino también dentro del mismo CINVESTAV, que hasta entonces estaba dedicado exclusivamente a la ciencia y la tecnología⁴⁵.

Para las especialistas en enseñanza de la ciencia Leticia Gallegos y Xóchitl Bonilla (Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico, UNAM), en un artículo donde analizan la incidencia de la investigación en las políticas educativas, esas primeras décadas del CINVESTAV fueron una buena época, ya que claramente existía esa incidencia (a diferencia de épocas más recientes) (2012, p. 153).

En las décadas siguientes, al trabajo del DIE se han sumado otras líneas de trabajo en esa y otras instituciones en México. Algunos ejemplos notables son los siguientes. Hay una línea de estudios y proyectos en torno a las concepciones de estudiantes y profesores, bajo la tradición del cambio conceptual, principalmente en el Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico (CCADET) de la UNAM⁴⁶. En la Facultad de Química de esta misma universidad se ha consolidado la Coordinación de Actualización Docente (antes Centro Nacional de Educación Química, CNEQ), que ofrece un amplio abanico de programas de actualización para maestros de ciencias naturales, incorporando el enfoque CTS (Ciencia, Tecnología y Sociedad)⁴⁷. También desde la Facultad de Química se han generado importantes investi-

44 Un ejemplo de esta crítica puede verse en el informe elaborado por Núñez, en Gutiérrez-Vázquez (1980).

45 De Ibarrola (1989) ofrece un recuento de la historia del DIE-CINVESTAV: describe las investigaciones y proyectos oficiales, pero también, proyectos educativos propios, y materiales no oficiales que circulaban entre los maestros por otros medios. Narra también el paulatino reconocimiento que el DIE fue obteniendo hacia dentro del mismo CINVESTAV, cuyos criterios de excelencia académica tuvieron que ajustarse para incluir un género de labor que era novedosa no sólo para esa institución, sino también en general.

46 Ver, por ejemplo, los trabajos de Fernando Flores y de Leticia Gallegos que aparecen en la bibliografía del libro coordinado por el primero: Flores-Camacho, F. (coord). (2012). *La enseñanza de la ciencia en la educación básica en México*. México: Instituto Nacional para la Evaluación de la Educación. Disponible en: <http://publicaciones.inec.edu.mx/detallePub.action?clave=PrC227>

47 Su catálogo actual puede consultarse en <http://www.cad.unam.mx/>

gaciones sobre la enseñanza de esta disciplina en diversos niveles. Desde esa misma facultad se edita la Revista Educación Química, que goza de relevancia internacional, y es probablemente la más importante sobre el tema en el mundo de habla hispana. La Universidad Pedagógica Nacional constituye otro núcleo desde el cual se realizan importantes aportaciones en torno a las representaciones mentales y procesos de enseñanza y aprendizaje de las ciencias. Además de estos centros, se realiza investigación sobre el tema en la Universidad Autónoma Nacional unidad Cuajimalpa y en otros de la capital del país, así como en otras ciudades como Guadalajara, Tamaulipas y Michoacán – en el CINEVESTAV en Monterrey se ubica un grupo que se ha ido consolidando en años recientes (Gómez *et al*, 2013)⁴⁸. Finalmente, es necesario resaltar a la Asociación Mexicana de Profesores de Ciencias Naturales, con más de mil socios de todo el país, que realiza convenciones bienales donde se dan cita desde expertos nacionales e internacionales hasta docentes que presentan sus propuestas.

Estas breves referencias dan cuenta del desarrollo que ha tenido el campo de la investigación en EC respecto de los años en que el gobierno echeverrista encargó la reforma curricular cuando no existían cuadros especializados en el asunto. Sin embargo, hay que tener presente que, ni entonces ni ahora, puede establecerse una relación directa entre lo que ocurre en este campo especializado, y lo que ocurre en la política educativa – ni mucho menos, con lo que ocurre en las prácticas, experiencias y aprendizajes de los alumnos y maestros. Lo dicho en este capítulo basta para comprender que el *currículo como proceso* ameritaría un tratamiento aparte.

El recuento de la conformación y del trabajo del equipo que realizó la reforma curricular de ciencias naturales se articula con el momento político, científico y tecnológico que vivía el país. En este contexto, el rol otorgado a los expertos (científicos e ingenieros) trascendió el de sus ámbitos particulares, al otorgárseles una misión social y cultural de gran calado; a su vez, ellos la interpretaron como algo que iba más allá de sus disciplinas, que requería consideraciones más amplias y colaboraciones plurales. Se analizará a continuación cómo se insertan esta reforma educativa y este currículo en el panorama de la EC que se esbozaba en el Capítulo 2.

§

48 Un panorama actual y amplio de la investigación educativa sobre ciencias naturales en México se encuentra en el reciente estado del conocimiento publicado por el COME: Gómez *et al* (2013).



5

EL NUEVO CURRÍCULO DE CIENCIAS NATURALES

En este capítulo se explicitará el significado y la conexión de los diferentes asuntos que se han presentado hasta ahora. Al inicio de este trabajo se afirmaba que la enseñanza de la ciencia podría ser un fenómeno de relevancia para los estudios filosóficos y sociales sobre ciencia y tecnología, y que sin embargo, no se ha aprovechado como tal. Como base para dicha tesis, se presentó un breve recuento de las principales inflexiones en la historia de la enseñanza de las ciencias, en el que se hace patente cómo los objetivos, los significados y los métodos propuestos para proveer a las nuevas generaciones de una educación científica van variando, en interacción con diversos factores de los que conforman el entramado más amplio de la ciencia en la sociedad.

Se eligió un episodio particular dentro de la historia mexicana: la ‘reforma educativa’ del sexenio echeverrista. Si bien ésta tuvo un detonante claramente político, fueron diversos los elementos que se dispusieron para concretar una renovación curricular determinada en el área de ciencias naturales. Se expuso el contexto en el cual un equipo liderado por científicos del Instituto Politécnico Nacional y de la Universidad Nacional Autónoma de México quedó a cargo de la nueva propuesta, con un amplio margen de libertad para desarrollarla. Los miembros de dicho equipo, lejos de volver a sus respectivas disciplinas una vez concluida la tarea, a partir de ella inauguraron e institucionalizaron un campo hasta entonces inédito en el país: el de la investigación en enseñanza de las ciencias.

¿Cómo se sitúa este caso particular en el panorama de la enseñanza de la ciencia que se esbozaba en un inicio? Hay que recordar que el sistema educativo mexicano nace junto con los proyectos de nación de las Leyes de Reforma, del Porfiriato y de la era posrevolucionaria; todos de fuerte raigambre ilustrada, moderna, occidental. En esta filiación, para la década de los setenta, hacía casi un siglo que no estaba en cuestión *si* la ciencia debe estar en el currículo de primaria. En el Porfiriato se asumió una educación ‘moderna, científica, positivista y comtiana’, con asignaturas científicas adaptadas a partir de la consulta de planes de estudio a nivel internacional, y hubo también influencia de los pedagogos reformadores europeos del siglo XVIII. Asimismo, se recapituló cómo durante el siglo XX en Estados Unidos se pusieron sobre la mesa muchas de las significaciones de lo que debía ser la enseñanza de las ciencias, tanto antes de la «primera revolución» (con las corrientes de ‘ciencia elemental’, ‘estudio de la naturaleza’ y los libros de Craig), como a partir de ésta, que sería el antecedente inmediato de la reforma mexicana de los setenta.

Para León *et al.* (2005), la relación de los diferentes movimientos estadounidenses respecto a lo que sucedía en México, fue una de influencia con retraso:

Alan McCormack (1992) reconoce cuatro periodos en el proceso histórico de construcción de la enseñanza de las ciencias naturales en Estados Unidos: 1) el inicio (1860-1920); 2) el periodo «utilitario/libros de texto» (1920-1957); 3) la primera revolución en la enseñanza de las ciencias naturales (1957-1978); y 4) la segunda revolución en la enseñanza de las ciencias naturales (1980 a la fecha). Estos periodos pueden observarse también en nuestro país pero con un retraso considerable (León et al., 2005, p. 35).

Específicamente para el caso de los setenta, León *et al.* señalan que hay un consenso respecto de que fue una reforma influida por la primera revolución, no solo a nivel primaria y secundaria, sino también en los niveles medio y superior, ya que «los proyectos de la Fundación Nuffield [Reino Unido] fueron una referencia importante para desarrollar los programas de las asignaturas científicas en el Colegio de Ciencias y Humanidades y los programas pssc y bssc [Physical Science Study Committee y Biological Science Study Committee, Estados Unidos] fueron utilizados en otras instituciones» (León, *et al.*, 2005, p. 38-39), al igual que el *Curso de introducción a las ciencias físicas*, desarrollado con la subvención de la

National Science Foundation (Estados Unidos) (Rueda, C. Comunicación personal, 16 de octubre de 2015). En general, afirman que la influencia de la primera revolución inició en México en los sesenta y continuó vigente en casi todos los rubros relacionados con la enseñanza de la ciencia. Sería desde la investigación, primero dentro del DIE-CINVESTAV, y luego también fuera de éste, a partir de los ochenta, que se cuestionaría y se criticaría el ‘positivismo’ implícito en la primera revolución – ahora bajo la influencia, también retrasada, de la segunda revolución, desde una postura ‘constructivista’ (León, *et al.*, 2005, p. 71).

El consenso señalado por León *et al.* requiere matices, ya que la caracterización de la reforma no ha sido sólo en este sentido (se exponía antes la de Gutiérrez-Vázquez, por ejemplo, quien la ubica más bien como parte de una corriente posterior). Según esa narrativa, sin embargo, las corrientes de enseñanza de la ciencia en México han sido una réplica tardía de las corrientes estadounidenses e internacionales. Por otra parte, el campo especializado en México (al igual que a nivel internacional) suele asumirse *constructivista*, y crítico con el *empirismo* y el *positivismo*, tendencias dentro de las cuales se suele catalogar la reforma mexicana de los setenta⁴⁹. Vale la pena cuestionar tanto el planteamiento de León *et al.* como las categorías recién mencionadas, con miras a procurar una caracterización contextual, enriquecida y matizada para que el episodio cobre más plenamente su significado.

En primer lugar, para el momento en que el equipo liderado por Gutiérrez-Vázquez recibió su encargo, se acumulaba un corpus de más de un siglo de pedagogía moderna y progresista (general; no específica de las ciencias naturales), que reivindicaba una aprendizaje activo, con el niño en el centro. Aunque distaba de ser el hilo negro, en el discurso se reeditaba como una renovación en el enfoque educativo, en oposición a lo tradicional, como se había hecho en anteriores reformas educativas en México – al menos desde el Porfiriato, y tan recientemente como en la década anterior: la de los sesenta. Este discurso pedagógico modernizante se vio reflejado en la nueva Ley Federal de Educación, así como en lo que la Comisión Coordinadora de la Reforma Educativa recuperó de la amplia consulta en la que participaron diversos sectores, con lo cual es evidente que estaba permeado en la cultura educativa de la época.

49 Ver, por ejemplo, el informe de María Salud Núñez, en el que reiteradamente caracteriza a la reforma como «completamente empirista». «Hasta cierto punto resulta explicable que en el momento en que se abordó en México los cambios curriculares de ciencias naturales, los libros de texto correspondientes se hayan basado en una concepción empirista y, en algunos aspectos en un enfoque psicológico neo-conductista, ya que en esa época y un aun actualmente constituye la corriente predominante en nuestro medio científico y la que ha invadido el campo educativo. Menos explicable y disculpable nos parece el que no se haya tomado en cuenta a los maestros y que no se haya pensado seriamente en el problema de la formación...» (Gutiérrez-Vázquez, 1980). Los autores mismos coinciden, a posteriori, con estas caracterizaciones. Candela considera que «se puede ubicar a los libros dentro de las corrientes cognocitivistas [sic] con rasgos empiristas, que en los años 60 recibieron el nombre de «aprendizaje por descubrimiento» y fueron presentadas por primera vez por J. Bruners [sic]. En ellos el currículo está organizado para que se llegue a los conceptos de la ciencia sin tomar en cuenta las posibilidades cognitivas de los alumnos y el complejo proceso de construcción del conocimiento científico (Candela, 1989, p. 9). La referencia original a Bruner es la siguiente: Bruner, J. (1963). *El proceso de la educación*. México: UTEHA.

Un documento que sistematiza lo anterior, y revela también otros aspectos importantes que ahora se expondrán, son los *Comentarios a los fundamentos del plan de estudios y programas de educación primaria* (SEP, 1972c) que hace Víctor Hugo Bolaños Martínez. Bolaños, entonces Director General de Mejoramiento Profesional del Magisterio, fungió como ideólogo, orientador y difusor técnico-pedagógico de la reforma. En el documento, presenta una síntesis de los principios orientadores emanados del artículo 3° constitucional, así como los lineamientos emitidos por la Comisión Coordinadora de la Reforma Educativa tras tomar en consideración las aportaciones de la consulta pública⁵⁰.

Además del discurso pedagógico renovador, una de las primeras cosas que llama la atención en este documento son las enormes expectativas depositadas en la educación. Se habla del cambio constante de la sociedad, para el cual la educación debe preparar al individuo. Esta educación debe contribuir a su desarrollo en todos los aspectos, lo cual a su vez es vital para el desarrollo de la sociedad en su conjunto:

El cambio parece ser el único signo permanente de nuestro tiempo, que ha sido escenario y testigo de la modificación de principios científicos y de la transformación de estructuras sociales que por largo tiempo parecieron incommovibles; por ello, el cambio debe inspirar la acción encaminada hacia la construcción de una sociedad moderna que exige la preparación del ciudadano que ha de enfrentarse con éxito a un mundo que se modifica aceleradamente. Esta preparación se apoya en el poder de la educación, entendida ésta como un proceso social a través del cual el individuo desenvuelve su personalidad, e incluye todos los aspectos sociales y políticos, con relación al ambiente que le rodea. Proceso que encauza la conducta del hombre hacia su adaptación dinámica, en la familia, en la comunidad, en la nación y en la humanidad (SEP, 1972c, pp. 7-8).

Se distingue la influencia de la filosofía de Dewey (1942), que desde inicios del siglo xx propugnaba una educación pensada para una sociedad científico-tecnológica y democrática en constante cambio. Además, el depositar amplias expectativas en la educación, tanto para los individuos como para la sociedad, era por entonces una tendencia regional⁵¹.

⁵⁰ Mismas que fueron publicados bajo el título *Aportaciones al estudio de los problemas de la educación* (SEP, 1972a)

⁵¹ «...a la escuela se le han venido adjudicando todo tipo de finalidades. A finales de los años 60, numerosos países de América Latina importaron las ideas en boga de países del Norte, como las «escuelas secundarias comprensivas», las cuales, supuestamente, en sus sitios de origen, tenían propósitos de igualdad y democratización. En el proceso de replicación de este modelo se le añadió una finalidad adicional: preparar a los técnicos intermedios que parecían requerir las economías de los países en desarrollo. Así pues, no solamente se esperaba del sistema escolar público la preparación general del ciudadano, sino también la movilidad social, la capacitación para los oficios, la exploración vocacional y la igualdad, además del aprendizaje académico clásico, de la nueva tecnología y de otras asignaturas llamadas, en algunos sitios, «extra-curriculares». No es de extrañarse que a esta época siguió otra de gran frustración en torno a la función de la escuela, particularmente de la escuela pública» (Stufflebeam, Kellaghan y Álvarez, 1982, p. 197).

En otra parte del documento se hace una lista de los objetivos generales de la educación primaria, en la que consta la gran variedad de aspectos que pretende cubrir. Se reproduce a continuación, porque en ella aparecen varias de las funciones que se le asignan a la ciencia y a lo científico en el currículo:

- *Lograr que el educando, por medio del desarrollo de sus capacidades mentales, de la formación de actitudes objetivas, científicas y críticas, comprenda e interprete hechos y principios para estar en aptitud de registrar y utilizar informaciones de acuerdo con sus intereses vitales.*
- *Proporcionar al niño medios para aprender eficazmente, por sí mismo.*
- *Ofrecer al educando alternativas para aprender lo que tenga valor intrínseco para él y por lo mismo le sea placentero.*
- *Lograr que el alumno emplee la expresión oral y escrita para comunicar con claridad, sencillez y exactitud sus pensamientos, y que desarrolle habilidades y hábitos para interpretar los signos gráficos, comprender el contenido de lo que lee, y permitir así el desarrollo de su capacidad de investigación y recreación.*
- *Iniciar al niño en las conceptualizaciones formales de los conceptos y principios básicos de las ciencias naturales y sociales.*
- *Estos fundamentos permitirán, a su vez, la adquisición coherente de informaciones y de técnicas.*
- *Encauzar la observación y la experiencia hacia el conocimiento, aprovechamiento y conservación de los recursos naturales.*
- *Fomentar actividades encaminadas a la conservación de la vida y la salud física y mental del niño, para garantizar su desarrollo en plenitud.*
- *Crear condiciones que permitan y estimulen las diversas expresiones estéticas del niño.*
- *Fomentar la participación del niño en las actividades de su familia, su escuela, su comunidad y su nación, despertándole así el sentido de la responsabilidad y de la cooperación.*
- *Fomentar el juicio crítico del niño para que participe en los cambios de grupos sociales en que se desarrolla, buscando que estos respondan al bien de la colectividad.*
- *Procurar que la comunidad escolar establezca formas de convivencia armónicas y constructivas, haciendo que se tomen decisiones compartidas, se asuma la responsabilidad que ellas implican y se ejerza la libertad personal en un marco de respeto hacia los demás y hacia sí mismo (SEP, 1972c, p. 10).*

Lo científico está presente en una gama de actitudes y competencias epistémicas, que han de servirle al niño para sus intereses. Se hace mención también al aprendizaje de los conceptos y principios básicos de las ciencias naturales y sociales, pero luego se reitera que estos aprendizajes a su vez han de habilitarlo

para aprendizajes ulteriores. Se habla también del conocimiento, aprovechamiento y conservación de los recursos naturales, así como de la conservación de la vida y de la salud física y mental – dos grandes conjuntos de objetivos también relacionados con el área de ciencias naturales.

Lo científico tiene también un papel prominente dentro de dos de los ‘cinco criterios’ adoptados para los planes y programas de primaria, emanados de las orientaciones contenidas en el artículo 3° constitucional⁵²:

ACTITUD CIENTÍFICA: Consiste en desarrollar en los escolares, la actitud de interrogación, de examen, de revisión, de formulación de juicios previa verificación; de combatir el dogmatismo, entendido como una actitud cerrada a la crítica. La actitud científica impregna los programas como una función orientadora y un propósito de las prácticas y actividades de maestros y alumnos.

RELATIVIDAD: Como resultado del desarrollo de la actitud científica y la adopción de la conciencia histórica, se llega a la convicción de que los conocimientos se revisan y modifican constantemente (Bolaños, 1972, p. 9).

Adicionalmente, aparece una acepción de ciencia por oposición a los fanatismos, los prejuicios y la ignorancia (por ejemplo, pp. 8-9)⁵³, acepción que también se hará explícita en los libros de texto que se analizarán en el siguiente capítulo.

El documento de Bolaños termina con un par de cuartillas dedicadas a las advertencias en torno a la ciencia y la técnica: si se valoran únicamente y por sí mismas las producciones materiales, en olvido de los valores y objetivos humanos y sociales, se corre el peligro de convertir a la ciencia y a la técnica «en mecanismos inconscientes de la maquinaria de producción, del odio o la destrucción» (Bolaños, 1972, p. 14). Se recuerda incluso el peligro de aniquilación de la humanidad que marcó las décadas anteriores.

Así, la ciencia juega en el planteamiento de la reforma educativa varios papeles. Regresando a la tipificación de objetivos que hacen Bybee y DeBoer (1994), se puede constatar que aquí están presentes, de una forma u otra, todos ellos: la ciencia como conocimiento valioso en sí mismo, la ciencia para el desarrollo personal y social, y el aprendizaje de los métodos de la ciencia como medio para distintos fines. Incluso contempla significados complementarios, como el que opone la ciencia a la superstición y a la ignorancia, y el de la ciencia como riesgo (idea que cobraría mayor fuerza en la ‘segunda revolución’ de la EC).

⁵² Los cinco criterios son: 1. el carácter permanente de la educación, 2. la actitud científica, 3. la conciencia histórica, 4. la relatividad, y 5. el acento en el aprendizaje en lugar de la transmisión de información.

⁵³ Se podría rastrear este sentido de lo científico como opuesto a la superstición, al fanatismo, a los prejuicios, a la magia, a la ignorancia y a lo irracional en diferentes documentos y discursos de la educación mexicana desde las leyes de reforma hasta nuestros días – incluyendo, por ejemplo, la educación «gratuita, científica y popular» que a veces se reivindica al final del *Goya*. Se descubriría, quizá, un núcleo que se ha mantenido constante, así como nuevos matices: por ejemplo, a raíz de la aparición del discurso de la interculturalidad en las últimas décadas.

Si bien este documento no habla del enfoque de la EC en particular, sí revela muchas de las bases pedagógicas e ideológicas de la reforma, y revela también que la ciencia y lo científico fueron ejes transversales en el planteamiento de la misma. Antes de analizar el enfoque planteado para las ciencias naturales, cabe recordar el perfil de los responsables de reformarlo. En primer lugar, tanto el secretario Víctor Bravo Ahúja como el subsecretario de planeación de la SEP, Roger Díaz de Cossío, además de ser funcionarios, eran ingenieros, con experiencia en gestión científica, tecnológica y educativa; y Juan Manuel Gutiérrez-Vázquez, líder del equipo reformador, era un microbiólogo, también con una importante experiencia en la docencia y la gestión educativa dentro de su especialidad. En el caso de los dos primeros, es claro que no ocupaban sus respectivos cargos por razones exclusivamente políticas y que sus perfiles estaban en línea con el énfasis técnico que tuvo la política educativa en el sexenio.

Hay que recordar también que Gutiérrez-Vázquez fue elegido debido a la consigna de encargar las diferentes áreas del currículo a especialistas e instituciones de educación superior, en lugar de confiarlos a maestros de educación básica. También fueron científicos y profesionales de otras áreas quienes integraron el equipo reformador junto con Gutiérrez-Vázquez. La consigna no fue reclutar expertos curriculares, ni expertos en la didáctica de las diferentes asignaturas a nivel básico – que no existían en aquel entonces ni figuraban en el horizonte –, por lo que no pesaba alguna expectativa de esta naturaleza sobre el equipo reformador. Así, además de la autonomía de la que gozaron para desarrollar su trabajo como lo vieran conveniente, tampoco estuvieron constreñidos por cánones especializados. Más aún, trabajaron en el contexto del surgimiento de las teorías de la dependencia, que planteaban la necesidad de que los países subordinados abandonaran teorías sociales ajenas y desarrollaran las propias; y existía una disposición a la innovación en ciencias sociales, misma que influyó también en el DIE-CINVESTAV (De Ibarrola, 1989, pp. 56-57).

También resulta sugerente considerar la situación de los científicos que integraron el equipo. Ejercían sus disciplinas en un país en el que existían, cuando menos, instituciones para ello, y donde la política prometía mejorar las condiciones para la ciencia (a través de la creación del CONACYT y de la política científica en esos años); pero a la vez, en un país con una cultura científica poco extendida, donde las pocas instituciones dedicadas a ello estaban insertas e incluso implicadas en un contexto político, social y económico problemático y convulso. Es pertinente recordar que los reformadores vieron en su encargo una oportunidad única de incidencia social, aprovechando la coyuntura política particular (Gutiérrez-Vázquez, 1995, p. 32). Difícilmente se les podría imaginar, entonces, como científicos aislados en una torre de marfil, interesados únicamente en dar a conocer sus disciplinas.

Gutiérrez-Vázquez estima que a pesar de que el equipo que encabezó no contaba con los insumos especializados que aparecerían – y que ellos mismos producirían – en años posteriores, los libros que elaboraron no desmerecen frente a otros posteriores:

De todas maneras, examinando el currículum y releendo los libros de ciencias naturales de la Reforma Educativa de 1972-1976, no deja de sorprender la vigencia de muchos de sus aportes, constatada con la lectura de diversas publicaciones, algunas de las cuales son posteriores en varios años, tanto en el método seguido para su elaboración (Gutiérrez Vázquez, 1977; Candela, 1993); a su fundamentación psicológica (Bruner, 1960, 1966; Piaget, 1969; Ausubel, 1968; Coll, 1986); al uso de las preguntas reflexivas (Swenson y Kulhavy, 1974); de las ilustraciones (Levie y Lentz, 1982); a la metodología sugerida para las investigaciones a realizar por los alumnos (Mitchelmore, 1992-95; Wadsworth et al, 1993; Bailey et al, 1994) como en los objetivos fundamentales y el contenido mismo de los libros, que a pesar de haber sido concebidos hace más de 20 años, no desmerecen en lo fundamental frente a aportes más recientes (Department of Education and Science, 1989; Manitoba Department of Education, 1989; American Association for the Advancement of Science, 1993). Mi experiencia de trabajo de los últimos 10 años en Estados Unidos y en Canadá, en Centro y Sudamérica, en Europa y el Medio Oriente, en África y el Sudeste de Asia, así parecería confirmarlo (Gutiérrez-Vázquez, 1995, p. 38)⁵⁴.

Lo anterior, si es acertado, obligaría nuevamente a problematizar o matizar la tesis de la ‘influencia con retraso’.

Es importante considerar cuáles fueron algunos puntos de partida y fuentes para la elaboración del programa y los libros de texto, más allá del retraso, contemporaneidad o anticipación de corrientes internacionales. Por ejemplo: en el caso de Gutiérrez-Vázquez, en sus textos compilados en *Con paso*

54 Las referencias que aporta Gutiérrez-Vázquez son las siguientes:

Ausubel, D., *Educational psychology*, Holt Rinehart & Winston, Nueva York, 1968.

Bailey, A., et al, *Caribbean primary science*, Longman, Harlow (UK), 1994.

Bruner, J., *The process of education*, Harvard University Press, Cambridge (USA), 1960.

Bruner, J., *Toward a theory of instruction*, Harvard University Press, Cambridge (USA), 1966.

Candela, M. A., *Las estrategias de la SEP para elaborar libros de texto*, documento interno. Departamento de Investigaciones Educativas, CINVESTAV, México, 1993.

Coll, C., *Acción, interacción y construcción del conocimiento en situación escolar*, Revista de Educación, España, 1986.

Department of Education and Science, *Science in the National Curriculum*, HMSO, Londres, 1989.

Gutiérrez Vázquez, J.M., *Carta al Lic. Agustín Yáñez, Presidente de la Comisión Nacional del Libro de Texto Gratuito*, México, 1977.

Levie, W.H., y R. Lentz, *Effects of text illustrations: a review of research*, *Educational Communication and Technology*, 1982.

Manitoba Department of Education, *K-6 science*, Canada Ministry of Education, Toronto, 1989.

Mitchelmore, J., *Finding out Introductory Book and Books 1 to 6*, Macmillan, Londres, 1992-95.

Piaget, J., *Science of education and the psychology of the child*, Longman, Londres, 1969.

Swenson, I. y R. W. Kulhavy, *Adjunct questions and the comprehension of prose by children*, *Journal of Educational Psychology* 66, 1974.

Wadsworth, P., et al, *Nuffield primary science SPACE Project*, Collin Educational, Londres, 1993.

lento y agitado, es evidente que a partir de sus propias experiencias como estudiante, como profesor, como científico y como gestor educativo, forjó ideas sobre por qué, para qué y cómo enseñar y aprender ciencias. Resalta la importancia que daba a la experimentación y observación empíricas: desde las oportunidades que tuvo para acercarse al laboratorio en la infancia, hasta el énfasis que hacía en la dimensión práctica y experimental de la formación de los alumnos de microbiología bajo su responsabilidad en el Politécnico. Veíamos también el sentido y la importancia que le atribuía a la difusión del conocimiento científico en un país como México.

En un texto en el que Gutiérrez-Vázquez plantea el enfoque de la reforma que encabezó (1982), es patente su visión de la enseñanza de la ciencia como un detonante para todo tipo de actividades y aprendizajes valiosos: permite dar respuesta a las interrogantes de los niños sobre los fenómenos naturales, científicos y tecnológicos que les rodean, los capacita para discernir de entre el bombardeo de informaciones dispares, los dispone para evitar la destrucción de la naturaleza, para ser mejores usuarios y consumidores y para cuidar su cuerpo; y en general, para conducirse de forma «inteligente, lógica y saludable» en su vida diaria (p. 15). Aclara que los niños no aprenden a ser «pequeños científicos», ni practican el método científico en la escuela (como se afirmaba una década atrás, y se sigue afirmando todavía en ocasiones), pero sí desarrollaban habilidades y actitudes relacionadas con éste y aplicables a otros contextos. La ciencia en la escuela debe aprenderse ‘según la estructura que le es propia’. Considera que todo esto no se aprende mediante lecturas, (como proponían los libros de Craig), sino a través de la práctica y de métodos propios de la ciencia misma (con el corolario de que la ciencia no es sólo lo que se sabe, sino también los métodos para aprender lo que no se sabe), y según la estructura que le es propia. Enfatiza que muchos de estos aprendizajes no podrían proveerlos las asignaturas de español o de matemáticas.

Pareciera que el interés primario de Gutiérrez-Vázquez no fue el de defender algún enfoque en particular. Reconoció el empuje y la influencia que tuvo el ‘aprendizaje por descubrimiento’ en el diseño curricular, pero después reconoció también las críticas a éste, y reconoció la importancia de otras aportaciones; especialmente de la psicología genética, al incorporarla como línea de investigación y como insumo para el replanteamiento curricular. Con éstas y otras influencias fue matizando sus posturas epistemológicas, pero su reflexión no se centraba en adscripciones a corrientes o teorías. Esto parece congruente con el hecho de que, a la hora de emprender la reforma, infundiera gran libertad en su equipo para incluir, discutir y desarrollar contenidos a partir de lo que creyeran relevante, como se describía en el capítulo anterior.

El equipo en su conjunto, efectivamente, no partía de compromisos teóricos sobre pedagogía o epistemología, sino de sus propias concepciones sobre la ciencia provenientes de su formación como científicos, misma que les inspiró a procurar un enfoque reflexivo. Partían también de sus posiciones políticas y sus visiones culturales. En cuanto a la didáctica de la ciencia para el nivel de educación básica, si

bien revisaron materiales de otros países, tales como *With Objectives in Mind* del Reino Unido, o los de la American Association for the Advancement of Science, fue la escuela activa la que ejerció una influencia más fuerte, ya que varios de los participantes tenían experiencia docente en escuelas activas mexicanas, como la Bartolomé de Cossío (comenzando por el mismo Gutiérrez-Vázquez, y también Judith Espinoza). Otras ideas vinieron de la pedagogía de Freinet, dado que también se integraron maestros de la zona de Iztapalapa, donde algunas escuelas practicaban ese enfoque. El equipo ponía en juego, asimismo, sus reflexiones conjuntas sobre el funcionamiento de las escuelas y sobre las características de los niños y su pensamiento. Aunque su posición era algo ‘ingenua y espontánea’, uno de sus pocos compromisos teóricos se manifestaba en la resistencia que opusieron ante ciertos lineamientos de corte conductista que la SEP quería imponer (Candela, A. Comunicación personal, 21 de octubre de 2015).

En el siguiente capítulo se revisará más de cerca como toda esta filosofía se vio reflejada en los libros de texto, pero antes se presentan algunas consideraciones adicionales sobre el significado e impacto de su publicación. Los anteriores habían sido los primeros Libros de Texto Gratuitos en México – los de la famosa portada de la «Patria abanderada» – por lo que su publicación había sido un importante acontecimiento. Sin embargo, las condiciones de su elaboración habían sido muy diferentes a las de los setenta. Aquellos primeros libros se habían complicado con la superposición de dos reformas curriculares distintas: la de 1957, cuyo enfoque para ciencias naturales se centraba en las disciplinas, y la de 1960, cuyo eje eran problemas concretos sobre salud y ambiente (Núñez, 1995, pp. 22-30). Habían sido elaborados por profesores designados, a falta de quórum en las convocatorias para concursarlos.

En contraste, en el sexenio echeverrista, todo un equipo interdisciplinario pudo desarrollar una propuesta integralmente, y darle seguimiento a su implementación, bajo un cobijo y una autonomía institucionales. Por la magnitud y naturaleza del proyecto, los libros de los setenta representaban una innovación sin precedente en el país. De hecho, esto no se ha repetido en las siguientes reformas, para pesar de los especialistas del campo.

Más allá de las novedosas condiciones de elaboración, el equipo de autores se propuso innovar mediante la confección de unos libros que condujeran a los profesores a llevar a la práctica el manido corolario pedagógico de poner al estudiante en el centro; de volverlo un sujeto activo del aprendizaje (ver Gutiérrez-Vázquez, 1995, p. 33) – corolario que además se prescribía desde la Reforma Educativa sexenal. Se propusieron también actualizar la información científica, y establecer una mayor vinculación de ésta con las características y necesidades de la sociedad del momento (Candela, 2011, p. 9). Todo esto tuvo un impacto, aunque no en todos casos fue el esperado.

Los maestros sintieron y resintieron el cambio, dado el modo súbito de introducción, y dado que se les pedía conducir actividades, discusiones, excursiones y experimentos que no formaban parte de su repertorio didáctico (en los libros anteriores se sugerían varias actividades y experimentos, pero no de

manera central). Pero más allá de los maestros, para Corona y de Santiago (2011) «la sociedad en general fue sensible al impacto que implicó el nuevo plan educativo y a las dificultades que representó una empresa de tal dimensión» (p. 77). En este sentido, resulta de gran interés un conjunto de entrevistas a científicos y divulgadores incluidas en un número de la revista *Educación* dedicado a la enseñanza de las ciencias naturales y sociales en México (Consejo Nacional Técnico de la Educación, 1982, pp. 201-239). (Interesan en general sus visiones sobre la enseñanza y la divulgación de la ciencia, pero para el caso específico, su apreciación de los libros de texto).

Luis Estrada – físico de la UNAM, entonces director del Centro Universitario de Comunicación de la Ciencia – celebra que se haya llamado por primera vez a gente de «gran calidad, de gran conocimiento científico» para realizar los libros (p. 217). Curiosamente, ubica la importancia de los mismos, más que en la educación formal – que considera rígida y masiva, y por tanto limitada –, en que pusieran a disposición del público un material de divulgación de la ciencia, entonces escaso en México. Guillermo Fernández de la Garza – también físico e ingeniero de la UNAM, entonces director del Instituto de Investigaciones Eléctricas y de la revista de ciencia para niños *Chispa* – también vio en los libros un avance:

... porque están basados en el conocimiento que tienen sus autores del niño mexicano, de su ambiente y de los procesos de la enseñanza de las ciencias. En los libros se da mucha importancia a las observaciones, a los experimentos y a la relación entre los conocimientos y sus aplicaciones. Creo que todo esto puede servir de gran ayuda en la formación científica de los niños, si se utiliza adecuadamente (p. 233).

Al biólogo Mauricio Russeck – entonces jefe del Departamento de Fisiología y del Departamento de Cirugía Biofísica del IPN –, que también conocía el proyecto y a sus autores, le parecen buenos los libros, pero considera que no se «entrenó» a los maestros en ‘la enseñanza activa’ (p. 229), cosa que el libro por sí solo no puede remediar. Ana María Cetto – física de la UNAM, y entonces directora de la Facultad de Ciencias – tras lamentar la dependencia del país en el ámbito científico, y que consiguientemente, la mayoría de los libros de texto fueran traducciones de textos extranjeros, celebra que estos fueran la excepción: «Pienso que (...) marcan un paso adelante en esta dirección, no solamente por estar escritos por mexicanos, sino por el enfoque específico que hacen estos libros de las ciencias naturales y de su enseñanza» (pp. 203-204). Este pequeño abanico de valoraciones por parte de científicos y divulgadores nos da una idea de lo significativo que resultaba para este sector la empresa de los nuevos libros de ciencias naturales.

La historia de la EC es parte de la historia cultural de la ciencia. El episodio de la elaboración del currículo de ciencias naturales para primaria en México en los setenta ilumina y matiza el panorama cultural, y viceversa. La elaboración del currículo *como estructura*, es un momento de explicitación de

diagnósticos, expectativas, propuestas y justificaciones – en este caso, respecto de qué, para qué y cómo debe ser la educación en ciencia en primaria. Igualmente significativo es reflexionar sobre *quién* realiza esta tarea, con qué auspicios y con qué impacto. Ha quedado claro que este caso concreto es especialmente intensivo en tales significados, dado que se trató de una suerte de megaproyecto, realizado en la intersección de una política priísta de afanes renovadores, de una consulta y concertación de ideas respecto a la educación, de un involucramiento y cooperación inédita de científicos con visiones propias, de instituciones de educación superior, y del nacimiento de un nuevo campo especializado. Como un último elemento a considerar en este panorama, en el siguiente capítulo se hará un acercamiento al producto mismo de la reforma: los libros de texto.

§



6

ANÁLISIS DE LOS LIBROS

En el capítulo anterior se argumentaba la insuficiencia de caracterizar la reforma curricular de ciencias naturales de primaria de los setenta como una réplica de la ‘primera revolución’ estadounidense, o como una reforma ‘positivista’. Esto se vuelve especialmente patente al revisar los libros mismos. Ahí se puede apreciar de primera mano el género y la diversidad de los objetivos que se perseguían, los temas incluidos, las actividades de aprendizaje sugeridas, el discurso empleado y las concepciones de las ciencias explícitas e implícitas en la propuesta. Así, la revisión de los libros brinda un panorama cercano y matizado de la reforma curricular. Estos y otros materiales educativos sobre ciencia constituyen importantes documentos al ponerlos en diálogo con tópicos de los estudios filosóficos y sociales sobre ciencia y tecnología.

La revisión de los libros que se realizará a continuación no obedece a ninguna metodología particular de análisis de materiales educativos. Tampoco se trata de una descripción exhaustiva ni sistemática. En lugar de esto, se ha optado por un proceder que dé concreción y textura a las temáticas que se han venido desarrollando, y a la vez, una idea general del material. No se separarán asuntos como el contenido, el método, los objetivos, la imagen o la concepción de la ciencia: se intentará reflejarlos en su integralidad.

Se revisarán primero los contenidos del currículo y la estructura de los libros. A continuación se analizará cómo se privilegia la experiencia como modo de aprendizaje, y se referirá también lo que se dice *explícitamente* sobre la epistemología y metodología de la ciencia. Se hará también patente que hay una presentación entusiasta de diversas disciplinas científicas (sus objetos de estudio, sus hallazgos, sus métodos, sus vanguardias), que evidencia la factura de los libros por parte de especialistas e introduce elementos novedosos. Por otro lado, se resaltarán la fuerte presencia de lo rural y lo agrícola, y se constatará la visión política presente en muchas de las lecciones. Más en general, se analizará cómo se aborda 'la ciencia como fenómeno social', y cómo queda posicionada la ciencia frente a otros saberes. Se intentará reflejar, sobre todo, qué es la EC – en tanto saber, en tanto práctica –, en esta propuesta curricular. En este recorrido, conviene tener en mente que los libros llegaron a manos de millones de maestros y alumnos mexicanos durante lustros⁵⁵.

LOS TEMARIOS Y LA ESTRUCTURA DE LOS LIBROS

El anexo de las *Unidades de los libros de texto* en este trabajo permite hacer un vuelo de pájaro sobre los contenidos abordados en los seis grados. El listado de las unidades revela los temas y disciplinas abordados, y algo sobre su reiteración y progresión a medida que avanzan los grados. Los autores retoman la noción de Bruner de un currículo en espiral:

Se pretende enseñar los conceptos fundamentales de cada campo disciplinario y profundizarlos en un proceso de aproximaciones sucesivas que van de lo «cercano» a lo «lejano», de lo «particular» a lo «general» de lo «concreto» a lo «abstracto», de lo «sencillo» a lo «complejo». La profundización se plantea en una espiral donde cada grado retoma los planteamientos hechos en el anterior para incluir nuevos elementos (Candela, 1989, p. 4).

⁵⁵ Los materiales a analizar serán los libros de texto para el alumno y los libros para el maestro correspondientes. No se tomarán en cuenta los documentos titulados «Plan de estudios y programas de educación primaria»: en primer lugar, porque fueron elaborados por el Consejo Nacional Técnico de la Educación a partir de los libros de texto (es decir, son derivados); en segundo lugar, porque fueron los libros los que fungieron como vehículo de la propuesta curricular en las escuelas. En todos los casos se consultaron las ediciones más tempranas que fue posible conseguir. Adicionalmente se hará referencia a algunas ediciones posteriores, por el interés que guardan para este estudio. No se tomaron en cuenta los «libros integrados» de 1° y 2° grados elaboradas en los años 80, ya que no pertenecen a la etapa bajo análisis. Cabe mencionar que casi la totalidad de los libros consultados se encuentran disponibles en la biblioteca del Centro de Estudios Educativos (www.cee.edu.mx), cuya colección incluye también los libros de texto de las demás generaciones.

Del temario también pueden recogerse otros indicios: las primeras seis unidades de primer grado invitan al ejercicio de los cinco sentidos, lo cual denota la importancia otorgada a la percepción directa como primer paso del proceder científico. Es evidente también el peso que tiene en el temario todo lo relativo a los seres vivos, y en particular, al campo. Asimismo, hacen su aparición temas pertenecientes a otras disciplinas: física, química y astronomía, entre otras. La mayor parte de los nombres de las unidades enuncia simplemente temas o conceptos de las ciencias naturales – «Los seres vivos», «El calor» –; otros son pequeñas proposiciones sobre fenómenos naturales – «El viento modifica el terreno», «Todas las cosas están hechas de partículas muy pequeñas». Algunos títulos son interpelaciones al niño sobre su entorno o sus hábitos – «El mundo en que vives», «Cómo cuidar tu cuerpo». Esta selección y ordenamiento de temas contrasta con la generación anterior de materiales, en donde predominaban, para los primeros grados, los contenidos y recomendaciones de higiene, nutrición, etcétera; mientras que se reservaban contenidos más técnicos y disciplinares para los últimos grados.

Aquellos materiales anteriores constaban de Libros de texto y Cuadernos de trabajo, ambos para alumnos. No había un material del maestro que pautara las lecciones ni que prescribiera los métodos de enseñanza, pues se contaba con que *«la inspiración y la experiencia de los maestros de México señalarán los más sencillos, los más apropiados, los más eficaces»* (Núñez, 1995, p. 26). En cambio, en los materiales de los setenta, por cada grado, existe un libro para el niño con su correspondiente libro para el maestro. A cada unidad dirigida a los niños corresponde una dirigida a los docentes. En las del docente se hacen explícitas las intenciones pedagógicas de cada unidad, se incluyen sugerencias detalladas para su gestión didáctica y se aporta información adicional de índole diversa para enriquecer la perspectiva del maestro. La estructura puede variar un poco, pero suelen encontrarse las siguientes secciones en cada unidad del libro del maestro:

- Las «ideas generales» – *unidad, diversidad, interacción, cambio y ciencia como fenómeno social* – relacionadas con la lección. Por lo regular no se trata de contenidos explícitos, pero sí de un aprendizaje prioritario: «En lugar de paquetes de información, lo que importa es saber manejar unas cuantas ideas generales que den estructura a todas las Ciencias Naturales» (1°, L.M., p. 6)⁵⁶. (Esta forma de concebir la enseñanza de las ciencias puede rastrearse desde Harris (1896) y Howe (1894), como se señaló en el Capítulo 2). Como ejemplo de las «ideas generales», ver en el anexo: 2°, L.M., p. 55.
- Los objetivos de aprendizaje, que suelen estar formulados en términos de los 'procesos de indagación científica', tales como *comprobar, distinguir, medir o registrar*. (Ver en el anexo: 6°, L.M., p. 61).
- Las actividades de aprendizaje.

⁵⁶ Las ediciones de los libros de texto que se consultaron son las siguientes (salvo que se indique otra cosa). Al lado de cada una aparece la clave mediante la cual serán referidos en adelante. Las claves se conforman con el grado (1°, 2°, etcétera), seguido de las iniciales «L.A.» para el libro del alumno, y «L.M.» para el libro del maestro. (En algunas ediciones los libros del maestro se llaman «auxiliares didácticos», pero se conservan las siglas «L.M.» en esos casos). »

- Actividades complementarias.
- Información para el maestro.

Al final de algunas unidades aparece también un apartado de ‘higiene’, con recomendaciones de higiene, alimentación o seguridad relacionadas con el tema tratado; por ejemplo, el cuidado de los ojos en una unidad sobre observación, o los peligros del fuego en una unidad sobre el calor. Es notorio el tratamiento periférico de estas cuestiones, a diferencia de la generación anterior de libros de texto, donde eran parte central del contenido, sobre todo en los grados inferiores.

En la ‘Introducción’ que aparece al inicio de cada libro para el maestro, se explicita la lógica que subyace al diseño de las lecciones (ver el anexo de *Introducción a los libros del maestro*). Ahí se explica también que las lecciones son «abiertas» (sujetas a tener continuación en otras disciplinas), dado que la ciencia es abierta: «Lo que permanece es el método científico» (1°, L.M., p. 5). La Introducción termina con el siguiente manifiesto:

Todo maestro que enseña ciencia tiene una grave responsabilidad: preparar a niños alertas que deberán vigilar en el futuro el uso constructivo de los conocimientos científicos, preparar a niños conscientes de que no tienen por qué transformarse en adultos víctimas del medio que los rodea, sino en ciudadanos que conozcan, transformen y dominen este medio (1°, L. M., p. 9).

Los libros del maestro contienen pautas detalladas para el trabajo con los niños, pero a la vez, se hace énfasis en que los temas y las actividades se aborden (o no) según el interés de estos, y se invierta en ellos tanto tiempo como se vea conveniente. Para los primeros grados, los libros del maestro se elaboraron antes que los del alumno: a partir de los lineamientos establecidos en los primeros se empezaba a planear los segundos (Candela, A. Comunicación personal, 21 de octubre de 2015).

1° grado	SEP. (1972). <i>Ciencias Naturales. Auxiliar didáctico para el primer grado.</i> México: SEP.	1°, L.M.
	SEP. (1972). <i>Ciencias Naturales. Primer grado.</i> México: SEP.	1°, L. A.
2° grado	SEP. (1972). <i>Ciencias Naturales. Auxiliar didáctico para el segundo grado.</i> México: SEP.	2°, L. M.
	SEP. (1972). <i>Ciencias Naturales. Segundo grado.</i> México: SEP.	2°, L. A.
3° grado	SEP. (1972). <i>Ciencias Naturales. Auxiliar didáctico para el tercer grado.</i> México: SEP.	3°, L. M.
	SEP. (1973). <i>Ciencias Naturales. Tercer grado.</i> México: SEP.	3°, L. A.
4° grado	SEP. (1974). <i>Ciencias Naturales. Cuarto grado. Libro del maestro.</i> México: SEP.	4°, L. M.
	SEP. (1977). <i>Ciencias Naturales. Cuarto grado.</i> México: SEP.	4°, L. A.
5° grado	SEP. (1973). <i>Ciencias Naturales. Quinto grado. Auxiliar didáctico para el quinto grado.</i> México: SEP.	5°, L. M.
	SEP. (1973). <i>Ciencias Naturales. Quinto grado.</i> México: SEP.	5°, L. A.
6° grado	SEP. (1974). <i>Ciencias Naturales. Sexto grado. Libro del maestro.</i> México: SEP.	6°, L. M.
	SEP. (1974). <i>Ciencias Naturales. Sexto grado.</i> México: SEP.	6°, L. A.

LA EXPERIENCIA COMO MODO PRIVILEGIADO DE APRENDIZAJE

En la generación anterior de materiales, en los Libros de texto abundaba, efectivamente, el texto, mientras que en los Cuadernos de trabajo aparecían numerosas actividades que pedían a los alumnos escribir datos y explicaciones, y se sugerían sólo algunas actividades y experimentos. Esto cambió drásticamente en los materiales de los setenta.

En los libros del maestro predomina la sugerencia de hacer dialogar a los niños, y de realizar con ellos experimentos y actividades. Un ejemplo representativo es el experimento «para averiguar si las plantas sanas necesitan la luz». Se presentan al maestro los pasos de la actividad, así como la referencia teórica de lo que es un experimento con hipótesis, condiciones controladas, grupo piloto, grupo testigo, etcétera. Se pretende que los niños practiquen esta forma de realizar experimentos, y lleguen por sí mismos a la conclusión de que las plantas necesitan luz para vivir.

Hay otros experimentos que requieren nociones más alejadas del sentido común, como el que indica agregar tintura de yodo a muestras de plantas para demostrar si contienen almidón (si se tornan azules)⁵⁷. En este caso, por cierto, los autores insisten en la importancia de que los niños efectivamente realicen la actividad: «Las ilustraciones que aparecen en el Libro del Niño servirán para realizar mejor los experimentos, pero no para sustituirlos» (2°, L.M., p. 89).

Como modo de evaluación, se privilegia la elaboración de textos libres (o dibujos, en el caso de los niños más pequeños), y se insiste en que el objetivo no es la memorización. Ni en los libros del maestro ni en los del niño aparecen actividades como contestar cuestionarios o completar frases, que eran muy comunes en la primera generación de libros de texto.

En las lecciones de los libros para el niño, que no tienen una estructura tan definida como las del maestro, abundan las ilustraciones y las fotografías – en muchos casos, a modo de ilustración de las instrucciones de las actividades y experimentos sugeridos –, así como textos breves (aunque ya para 6° grado pueden encontrarse unidades en las que predomina la información, tanto para el alumno como para el maestro). En una unidad de 5° grado se hace explícita para los niños la centralidad de la experimentación, tanto dentro como fuera del aula:

Durante todo el año vas a aprender ciencia haciendo ciencia. Vas a hacer muchas investigaciones, como las hacen los científicos. En el salón de clase, tu maestro va a dividir el grupo en equipos de cinco a siete alumnos para que hagan juntos todas las investigaciones, discutiendo entre sí las etapas, los resultados y la utilidad de cada experimento. Tanto dentro como fuera del salón vas a poder observar los fenómenos que la ciencia estudia tal como ocurren en la vida diaria.

⁵⁷ Este experimento también figuraba en la generación anterior de libros de texto.

Es importante que discutas para qué se necesita estudiarlos y cómo el estudio de la ciencia ha ayudado a transformar el mundo. Al aprender ciencia, tú también puedes ayudar a mejorar lo que te rodea. Vas a registrar todas tus observaciones, tus resultados y tus sugerencias, tus dudas y tus preguntas en un cuaderno en blanco que te servirá como cuaderno de trabajo de ciencias naturales durante todo el año (5°, L.A., p. 11).

(A continuación se indica que el grupo realice una excursión, en la que se deben coleccionar ejemplares, registrarlos y conservarlos prensados, tras lo cual se debe reflexionar sobre sus características para dar paso al tema de la clasificación de los seres vivos).

Es innegable el enfoque activo que se buscó en el currículo, y en especial, el rol privilegiado que se procuró dar a los experimentos.

EPISTEMOLOGÍA Y METODOLOGÍA DE LA CIENCIA

Además del énfasis *de facto* en la experimentación, los libros tratan explícitamente con la metodología y epistemología de la ciencia.

Como se mencionaba, el currículo de primaria comienza con los cinco sentidos, a los que se otorga el papel de principio del conocimiento (del conocimiento del entorno en general, y como principio del proceder científico en particular). El tema de la vista, por ejemplo, se trata junto con el de la observación. En una página del libro del niño aparece la pregunta «¿Cómo conoces lo que te rodea?», y en la siguiente, la respuesta: «Mirando». En la ilustración, un grupo de niños campesinos tiene la vista fija en algún punto. Al maestro se le sugieren preguntas y ejercicios para que los niños observen objetos y conversen sobre diferentes formas, tamaños, colores y ubicaciones espaciales, y para que discutan sobre la importancia de los ojos. La 'información para el maestro' incluye una reflexión sobre la función epistémica de la observación. Se aborda la vista también desde el punto de vista físico y fisiológico: el viaje de la luz de los objetos a nuestros ojos, y la interpretación que realiza el cerebro. Finalmente, en el apartado de 'higiene', se informa al maestro sobre el daltonismo y el cuidado de los ojos. Así, los cinco sentidos son a la vez objeto de estudio en sí mismos, y punto de partida para reflexionar sobre la base empírica del conocimiento.

Otra estrategia para abordar aspectos metodológicos, son las «cajas negras», presentes en diferentes grados. En estas lecciones, los niños tratan de averiguar, mediante el tacto o el movimiento, lo que está en el interior de diferentes cajas, tras lo cual se hace una analogía con la posibilidad de estudiar incluso aquello que no puede verse, mediante modelos. En 4° grado, esto deriva en el abordaje de los pasos del método científico (o los pasos básicos para conducir investigaciones en general): *observar, registrar, explicar, consultar, experimentar, distinguir y enunciar*. Se le aclara al maestro que «los pasos del método no tienen por qué aplicarse en la secuencia que aquí se ha presentado. Un niño, como un hombre de ciencia, echará mano del paso adecuado en el momento en que lo juzgue conveniente» (4°, L.M., p. 17). Así, los autores

no consignaron una visión positivista dogmática ni unidimensional, sino que incluyeron también otros matices, temas y posturas.

Las nociones presentadas incluso llegaron a reflejar cierto eclecticismo. Es el caso de la unidad «Cómo resolvemos problemas» en 6° grado (cuya versión para el maestro se reproduce íntegramente en el anexo). A partir de un relato sobre un campesino y unos niños que quieren cultivar ciruelas, se busca extrapolar reflexiones sobre «la utilidad de tener una formación científica en la vida cotidiana» (6°, L.M., p. 27), y se incluyen reflexiones con resabios de distintas posturas epistemológicas: empirismo sensualista (6°, L.M., p. 29), cartesianismo (6°, L.M., pp. 29-30), un planteamiento estilo kuhniiano de la ciencia como resolución de problemas similares (6°, L.M., p. 31), otro de estilo popperiano sobre la capacidad de predicción (6°, L.M., p. 31) y uno más de corte pragmatista (6°, L.A., p. 16)⁵⁸.

PRESENTACIÓN DE LAS DISCIPLINAS CIENTÍFICAS

En los libros figuran presentaciones actuales de diferentes disciplinas científicas: sus objetos de estudio, sus preguntas, sus prácticas y sus vanguardias. En la unidad «Comportamiento animal» de 6° grado, por ejemplo, se le informa al maestro que dichos comportamientos los estudia la *etología*, «que se ocupa tanto de los aspectos más notables o llamativos de la conducta animal como de muchos detalles que parecen insignificantes pero que tienen gran valor científico» (6°, L.M., p. 43), tras lo cual se analizan sus diferentes métodos, las limitaciones y ventajas de cada uno, la historia de la disciplina, sus yerros, sus hallazgos, etcétera (6°, L.M., pp. 43-45).

Numerosos detalles denotan la actualidad que los autores buscaron imprimir a los contenidos. En una unidad sobre la luna, se habla sobre los viajes espaciales que estaban por venir (1°, L.M., p. 181); en otra sobre la galaxia y el universo, se habla sobre los 'poderosos telescopios' e 'ingeniosas observaciones' que hacía menos de 50 años habían revolucionado la comprensión del universo – universo cuyos límites y estructura general, dicen, seguían incógnitos (6°, L.A., p. 44 y L.M., 57-58). En una unidad sobre microbios, se refiere la discusión entonces vigente sobre si los virus eran seres vivos o no: «incluso se ha llegado a proponer para ellos un reino aparte...» (2°, L.M., p. 122). En una unidad titulada «Conservación», se hace mención a los instrumentos que entonces sustentaban dicho principio: «Actualmente existen medios para medir diferencias de peso de sólo una milésima de millonésima de gramo, y en ningún caso se ha observado la aparición o desaparición de materia» (6°, L.M., p. 121). Figura también la historia de las disciplinas: se detalla cómo la humanidad ha pensado e investigado ciertos asuntos en diferentes épocas, tales como el pulso (3°, L.M., p. 43) o la dinámica (6°, L.M., p. 53).

⁵⁸ «Como puedes ver, al solucionar en parte un problema, aparecen nuevas partes por resolver, pero cada solución nos permite comprender mejor las cosas y actuar más de acuerdo con la realidad, con nuestros propósitos y con nuestras necesidades» (6°, L.A., p. 16).

Todo lo anterior habla de la factura de los libros por parte de científicos, lo cual caracterizó a esta reforma; pero además, revela cómo buscaron dar a conocer lo que ocurría en sus campos – cambios, controversias e incógnitas incluidas –, más allá de la mera información presentada como algo acabado: se presenta la ciencia como un proceso humano en construcción.

‘LA CIENCIA COMO FENÓMENO SOCIAL’

Quizá más que un acento en las disciplinas, en los libros hay un acento en el abordaje social de los distintos temas⁵⁹. Se trata del componente que hoy llamaríamos CTS (*ciencia, tecnología y sociedad*). «La ciencia en los libros se presentó como un fenómeno social, mucho antes de que adquirieran importancia internacional las corrientes de «ciencia y sociedad» (Candela, 1989, p. 10). En efecto, se trató de un elemento novedoso; premonitorio de tendencias internacionales y precursor de las siguientes reformas curriculares en México. Se reparará en este aspecto de los libros más que en otros, porque refleja con mayor claridad las relaciones entre el currículo y el contexto social.

Los aspectos sociales aparecen en los libros bajo una diversidad de formas. En la mayoría de los casos, no es que se hable sobre el papel social de la ciencia como tal, sino más bien se aborda la dimensión social de los *fenómenos naturales* estudiados. Por ejemplo, en la unidad «Ciclo del agua» en 4° grado, después de tratarse el ciclo hidrológico y sus características en México, el libro para el maestro habla sobre su desigual distribución en el territorio nacional, y su contaminación (4°, L.M., pp. 50-51)⁶⁰. En otros casos, sin embargo, sí se aborda la dimensión social de la ciencia y la tecnología como tales; muchas veces con explicitando las desigualdades entre países. Así sucede en la lección sobre viajes espaciales en 4° grado: «Muchos países no pueden aprovechar los beneficios de la investigación espacial porque es muy costosa» (4°, L.A., p. 170). De forma similar, en la lección «El mar y sus recursos», se ilustran las dificultades para explorar el fondo del mar: se cuenta que hasta hacía poco éste había sido un misterio completo, y que antes eran sólo las naciones poderosas las que dominaban el mar (5°, L.M., p. 187).

Muchas de las lecciones de ciencias naturales incluyen temas y posturas políticas marcadamente de izquierda, que resultan sorprendentes para un lector contemporáneo. Resalta este fragmento, a propósito de la contaminación ambiental:

Como es natural, la aplicación de la ley ha topado con la resistencia de muchos industriales que no quieren hacer las inversiones necesarias para reducir las descargas de contaminantes de sus

59 Contrario a esto, Ángel D. López y Mota, tras comparar los currículos de los sesenta, de los setenta y de los noventa, concluye que el primero y el tercero se centran en temas sociales, mientras que el segundo pondría más atención en las disciplinas. López no considera esto un defecto; por el contrario, el currículo de los setenta le parece el más balanceado de los tres en este sentido (López y Mota, 1995).

60 Esta unidad es un ejemplo de un abordaje diverso, pues intervienen además experimentos e incluso el cuadro de William Turner, *Tormenta en el puerto* (4°, L.A., p. 148).

fábricas. Inclusive, con frecuencia se arguye que la instalación de equipos y sistemas anticontaminantes elevaría demasiado los costos de producción y frenaría el desarrollo del país. Por otro lado, existen industrias, como la petrolera, la azucarera, la del transporte o la textil, que son importantes fuentes de contaminación pero que por su poderío económico representan un obstáculo a la aplicación de la ley (6°, L.M., p. 117).

Una conexión aún más peculiar entre la ciencia y la política se establece en la lección sobre «El movimiento» en 4° grado, en la que se pide a los niños empujar una mesa en distintas direcciones, para mostrar el efecto de fuerzas distintas sobre los cuerpos, tras lo cual se lleva a reflexionar que, tanto en la naturaleza como entre las personas, el trabajo necesita ser organizado para llevar a un cambio, *como en el caso de los obreros y los campesinos*:

Muchos campesinos en México tienen un pedazo de tierra muy pequeño. Juntando sus tierras y organizándose para trabajarlas colectivamente pueden enfrentar mejor los gastos y sacar más provecho de ellas. Así también aumentan su fuerza para defenderse de los terratenientes, los caciques y los intermediarios (4°, L.A., p. 83).

Todavía continúa la lección analizando el episodio histórico en que logramos expropiar nuestro petróleo «en contra de países más poderosos» (ver la secuencia didáctica en el anexo: 4°, L.A., pp. 79-84). En una edición posterior del libro de 6° del alumno, la lección sobre «El trabajo» contiene asimismo una crítica del trabajo enajenado (SEP, 1976, p. 165).

En el mismo tenor, otras lecciones buscan prevenir contra ciertas interpretaciones o usos de la ciencia. En una unidad sobre crecimiento, se brinda abundante información al maestro a fin de que deje claro a los alumnos que, «aun cuando una población humana crezca mucho, esto no justifica ni las guerras ni la pobreza y tampoco es el factor determinante del hambre y las enfermedades» (6°, L.M., p. 129); y en otra sobre herencia y genética, se previene contra lo que hoy podríamos llamar racialización⁶¹:

Se pueden discutir todas aquellas cosas que no son producto de la herencia sino de la influencia del medio o del aprendizaje. Se insistirá en que la inteligencia se hereda independientemente del color de la piel, del pelo o de los ojos; que es un asunto del que todavía se sabe muy poco, y que de ninguna manera hay razas superiores, inferiores, ni razas puras, por lo que no debemos hablar de «razas» sino de grupos étnicos (5°, L.M., pp. 232-233).

Algunas lecciones tienen relación con las políticas en ciencia y tecnología entonces vigentes. En la unidad sobre el mar recién referida, se busca desarrollar la *idea general* de que «El estudio del mar

61 El problema se trata, más reciente y ampliamente en México, en López (2011).

contribuye a una explotación más racional de los recursos marinos», lo cual era una vertiente importante de la política del sexenio echeverrista, presentada en el Capítulo 3. La unidad «La minería», en 6° grado, abunda sobre el uso y la obtención de los metales, así como sobre las implicaciones laborales, políticas, económicas e históricas de esta industria. La información para el maestro detalla incluso qué especialistas se requieren (geólogo, geofísico, ingeniero de minas, ingeniero geólogo o geofísico, ingeniero petrolero y metalurgista) y en qué instituciones mexicanas de educación superior se pueden preparar (6°, L.M., p. 77).

Además de los abordajes ya descritos, ‘la ciencia como fenómeno social’ se presenta en referencia a las aplicaciones cotidianas de la ciencia y la tecnología. Se reflexiona, por ejemplo, sobre las revolucionarias repercusiones de la máquina de vapor en la sociedad, a partir de una experiencia práctica en la que los niños emplean vapor para mover un rehilete (5°, L.A., pp. 159-160). Es el caso también de la unidad que cierra el currículo – la última de 6° grado – titulada «Ciencia y sociedad» (ver 6°, L.A., pp. 194-195 y 206-207 en el anexo). La lección propone a los niños que imaginen su vida sin los productos y servicios de la industria y la técnica modernas, y que reflexionen así sobre su impacto. Tras reseñar los vertiginosos adelantos ocurridos en los últimos 50 años, y la velocidad con que se suceden los descubrimientos importantes, se concluye:

Como puedes ver, la ciencia ha sido una de las fuerzas más poderosas en la historia de la humanidad. La ciencia ha originado cambios en la manera de ser de la gente, en su manera de pensar, en su modo de actuar. Muchos de nuestros problemas actuales, como la contaminación ambiental, se deben a inadecuadas aplicaciones de la ciencia; pero estos problemas también se resolverán sólo con la ayuda de la ciencia misma (6°, L.A., p. 207).

Así, a pesar de que a lo largo de los libros se le da un notable lugar a las consecuencias y riesgos sociales y ambientales de la ciencia y la tecnología, la serie de textos para niños termina en esta nota de tecnoentusiasmo⁶². En el libro del maestro se hacen otras consideraciones sobre la relación entre ciencia y sociedad: por ejemplo, que aunque muchas veces los avances de la ciencia y la tecnología respondan a necesidades sociales, también hay descubrimientos, o disciplinas enteras, que anteceden cualquier aplicación práctica (6°, L.M. pp. 161-163).

En una edición posterior del libro de 6° del alumno, esta última unidad sobre ciencia y sociedad incluye un análisis marxista, a propósito de la producción de telas en la industrialización:

⁶² Uno de los rasgos que Jorge Riechmann atribuye a la mentalidad tecnoentusiasta es «la confianza firme en el progreso y en los beneficios asociados o derivables del avance del conocimiento científico, en el convencimiento de que cualquier efecto adverso del cambio científico-tecnológico podrá, antes o después, resolverse mediante la aplicación de nuevos avances» (Riechmann, 2005, p. 287). La creencia desmedida en la capacidad de la ciencia y la tecnología para resolver los problemas de la humanidad – aún los ocasionados por ella misma –, ha sido abordada de distintas formas por autores como Günther Anders, Jacques Ellul, Hans Jonas, Langdon Winner y Jorge Riechmann. Ver Linares (2008).

Sólo algunos comerciantes, que se habían hecho muy ricos, pudieron comprar varios telares para hacerlos funcionar con vapor. Debido a la competencia, el pequeño taller del artesano fue reemplazado por las fábricas, donde se contrataban obreros para que trabajasen en ellas a cambio de un salario. El uso del vapor en la producción, contribuyó a que cambiara la organización de la sociedad. Ahora, cada obrero, realiza solamente una parte del proceso de producción. ¿Quién es el dueño de las máquinas? ¿Y quién el de las telas? ¿Quién las vende? ¿En qué se benefician los obreros, si hacen muchas telas? Antes, si un artesano hacía un descubrimiento, ganaba más dinero y podía vivir mejor. En la producción fabril capitalista, las innovaciones benefician al dueño quien aumenta sus ganancias, mientras que los trabajadores siguen recibiendo el mismo salario. Los que inventan mejores formas de hacer las cosas, son técnicos y científicos contratados por los dueños de las fábricas (SEP, 1976, p. 235).

Se concluye el libro con una reflexión sobre cómo la investigación científica está en manos de países ricos, que la utilizan para mantener su poderío, dejando sin realizar su potencial para mejorar la condición humana.

Hoy disponemos de conocimientos científicos que nos permitirían acabar con el hambre y con muchas enfermedades; disminuir la contaminación y mejorar las condiciones de vida de mucha gente. ¿Qué más hace falta para que todo esto se haga realidad? Como ves, la ciencia es un poderoso instrumento para conocer y transformar las cosas; pero en nuestra sociedad, sus aplicaciones no benefician a la mayoría de la gente. Ahora que has terminado la primaria, ¿te han gustado las ciencias naturales? ¿Qué problemas desearías resolver? Tú sabes que la ciencia podría utilizarse mucho mejor en beneficio de todos. ¿Estarías dispuesto a trabajar para que así sea? (SEP, 1976, p. 237)

Ya se trate de las dimensiones sociales de los fenómenos naturales, de las conexiones entre política y ciencia y tecnología, o de las implicaciones que éstas han tenido en la vida cotidiana y el medio ambiente, el aspecto ‘CTS’ está presente de principio a fin en los libros de texto, desde comentarios breves hasta lecciones enteras.

FUERTE PRESENCIA DE LO RURAL, LO CAMPESINO Y LO POPULAR

La preponderancia de lo rural, lo campesino y lo popular, es un rasgo muy notorio en los libros, tanto en su contenido como en su estética. Los autores eran conscientes de que estas realidades coexistían con la del México más moderno, industrial y urbanizado, e hicieron un evidente esfuerzo por que todos los niños se vieran reflejados en los libros. Pero más allá de esto, la propuesta didáctica de los libros se apoya

mucho en que los niños salgan al exterior, al campo, y en que estén en contacto y trabajen con plantas y animales. Como dice una carta dirigida a los padres de familia e incluida en algunas ediciones de los libros:

Este libro de Ciencias Naturales está elaborado para aprovechar y desarrollar las capacidades de observación, de investigación y de expresión de los niños. Para observar e investigar, con frecuencia será necesario que los niños salgan del salón de clase, ya sea al patio de la escuela, al jardín más cercano o al campo. Es así como ellos lograrán estar en contacto directo con las cosas, experiencia fundamental en el aprendizaje de las ciencias que les permitirá descubrir y ampliar la comprensión de sí mismos y el mundo (2°, L.A., p. 3).

En muchas ocasiones se pauta detalladamente el ‘trabajo de campo’, como cuando se indica la recolección y clasificación de ejemplares, o la conformación de un ‘rincón vivo’ dentro del aula; en otras ocasiones sólo se sugiere al maestro sacar a los niños al campo, dejando abierta la tarea de aprovechar ese escenario para la lección (por ejemplo, en la unidad «Vivimos en la superficie de un astro: La Tierra», 1°, L.M., p. 68).

Muchas lecciones implican un verdadero saber agrícola, tanto teórico como práctico, por parte de maestros y alumnos (por ejemplo, «El suelo», en 2° grado). En 4° grado, se pretende que los alumnos lleven a la práctica sus aprendizajes sobre la erosión, los fertilizantes y la rotación de cultivos (4°, L.M., p. 101). Es significativa la insistencia en el tema de la erosión en varias lecciones, y cómo se presenta el cuidado del suelo para cultivo como un deber en primera persona: «Tenemos que procurar no dejar terrenos sin plantas...» (5°, L.A., p. 188).

LA CIENCIA FRENTE A OTROS SABERES

A pesar del lugar preponderante de lo agrícola en el currículo, es a los «hombres de ciencia», y no a los campesinos, a quienes por lo general se atribuye el conocimiento sobre estos asuntos⁶³. Son los «hombres de ciencia», también, quienes se preocupan por la erosión (1°, L.M., p. 104), o por la contaminación del mar (5°, L.M., p. 198). A pesar de las frecuentes sugerencias para hacer salidas de campo, manipular y aprender sobre animales y plantas, nunca se sugiere solicitar el *expertise* o los saberes de los padres de familia u otras personas en tanto campesinos o indígenas⁶⁴. Así, el entorno se considera como una fuente de conocimiento por el contacto empírico con él, pero no por los saberes de la comunidad circundante.

63 «La ciencia nos ayuda a conocer mejor el suelo, así como a enriquecerlo y mejorarlo para obtener mejores cosechas en beneficio del hombre. La ciencia también nos permite darnos cuenta de cuándo es mejor dedicar un suelo a actividades no agrícolas (pastoreo, por ejemplo)» (3°, L.M., p. 61).

64 Esto contrasta con otros programas desarrollados posteriormente desde el mismo DIE-CINVESTAV, como el Plan de Actividades Culturales de Apoyo a la Educación Primaria (PACAEP) (Candela, 2011, p. 17), o la propuesta Dialogar y descubrir del CONAFE, en las que sí se busca integrar los saberes indígenas y campesinos de las comunidades.

En cambio, ante la necesidad de *expertise* sobre la siembra y cultivo que demandan ciertas lecciones, lo que se sugiere es escribir a «las dependencias oficiales encargadas de los asuntos relacionados con la agricultura, solicitando información o asesoramiento sobre el cuidado del suelo y su aprovechamiento óptimo» (2°, L.M., 128); «recurrir a los servicios de extensión agrícola de las agencias de la Secretaría de Agricultura y Ganadería» (5°, L.M., 176) o bien, se remite a los «laboratorios especializados que tiene el gobierno» para saber qué fertilizantes le faltan a un suelo (3°, L.M., p. 65). En la unidad «Agricultura y ganadería» en 6° grado, en la información para el maestro, después de reseñarse cómo la humanidad desarrolló la agricultura, se habla de los adelantos tecnológicos que multiplican la productividad del campo (incluyendo los granos de alto rendimiento), y se lamenta que «en México y los demás países latinoamericanos predomina todavía una agricultura atrasada a base de técnicas rudimentarias de bajo rendimiento» (6°, L.M., p. 91).

La unidad «La agricultura», en 4° grado, representa una interesante excepción. Ahí se pide a los maestros hacer otro énfasis:

Al plantear las posibles soluciones a cada problema, se destacará la importancia que tiene el trabajo conjunto de los campesinos y los técnicos agrícolas en la solución de algunos problemas. Hay que hacer hincapié en la importancia que tiene el trabajo del campesino y de los conocimientos que ha ido adquiriendo en la práctica, además de los problemas que le ocasiona la falta de recursos y la dificultad para conseguirlos» (4°, L.M., p. 101).

Sin ser una reivindicación de la pluralidad epistémica, se matiza al menos lo planteado en el resto de los textos.

La ciencia aparece, en general, como el saber más válido, también en temas distintos al de la agricultura. En varias ocasiones se alude a las creencias o explicaciones mágicas, por oposición a las científicas y objetivas. Es el caso, por ejemplo, respecto a los eclipses y cambios de color del Sol y la Luna (4°, L.A., p. 160), o una dura crítica a la astrología. La astrología, «como llaman a ese conjunto de supersticiones, no pasa de ser un pasatiempo propio de ignorantes» (5°, L.A., p. 112). También aparece una postura parecida respecto de las enfermedades:

Desgraciadamente, hay todavía algunas personas que creen en la antigua superstición de que las enfermedades son un castigo. Y como piensan que si hay castigo es que hay culpas, prefieren no hablar de sus enfermedades, pues creen que es como estar hablando de sus culpas (5°, L.A., p. 218).

En este sentido, es interesante el apartado «La clase de ciencias en la salud mental», en la introducción al libro del maestro de 6° grado (incluido en el anexo), donde se presenta una visión del niño

llo de temores, explicaciones falsas y monstruosas, supersticiones; todo lo cual puede ser superado con ayuda de la clase de ciencias naturales:

Nuestros alumnos pueden aprender a emplear sus propios recursos para investigar sobre lo que no saben, sobre lo que les parece misterioso o atemorizante. Se enfrentarán al agua, al fuego, al rayo, al trueno, a las plantas y a los animales como cosas naturales que pueden ser estudiadas y comprendidas (6°, L.M. p. 26).

Como se ha visto, tanto en los libros de texto como en documentos de la reforma educativa en general, es transversal el tema de la ciencia como opuesta a la magia y las supersticiones. Así, en la controvertida unidad sobre educación sexual, «Cómo nos desarrollamos» en 6° grado, se hace énfasis en tranquilizar a los niños respecto a los cambios que ocurren en sus cuerpos. Se explica también que la masturbación es normal, y se advierte sobre los cambios emocionales y conflictos comunes en la adolescencia (incluyendo los derivados de los mismos tabús sexuales).

LA EC COMO SABER Y PRÁCTICA

Tras esta somera caracterización de los libros, caben algunas reflexiones aproximativas sobre las clases de prácticas y saberes que están implicados en esta propuesta curricular. Desde los primeros grados, en que se promueve la exploración de asuntos que parecen sencillos y cotidianos, se evidencia que la EC implica una mirada específica (ver por ejemplo, en el anexo, el tema de la luz y la visión, 1°, L.M., pp. 50-51). Esta mirada se va sofisticando y alejando del sentido común conforme avanzan los grados; y se pretende, muchas veces, que los niños lleguen por sí mismos a los conceptos por medio de experimentos. Estos deben llevarlos a conclusiones tales como que el sonido necesita un medio que lo transmita, o que se transmite por medio de ondas, o incluso, con Lavoisier, que la respiración es una combustión (5°, L.M., p. 139). (La investigación en las aulas obligó a recalibrar expectativas como éstas⁶⁵). Aunque las orientaciones didácticas en los materiales indiquen que no se trata de que los niños memoricen ni aprendan conceptos, esta inmersión progresiva implica también la inmersión en un lenguaje específico a través de las actividades y diálogos propuestos: *cuerpo luminoso, cuerpo iluminado, vertebrados, invertebrados, partícula, fanerógamas, criptógamas...*⁶⁶

65 Se remite de nuevo al anexo *¿Enseñamos realmente a investigar la naturaleza?*: el fragmento del artículo de Ana Isabel León y María Solé, en el que muestran cómo piensan en realidad los niños cuando trabajan con algunos experimentos de los libros de texto.

66 Sobre este punto, se remite a la línea de investigación del DIE-CINVESTAV sobre la construcción del aprendizaje de la ciencia a través de las interacciones lingüísticas en el aula.

Aunque la de los setenta no sea una reforma constructivista, cabe recuperar las siguientes reflexiones sobre el lenguaje científico en la escuela: «En su crítica del constructivismo, Solomon (1994) señala que esta teoría no da cuenta del

La EC, en esta propuesta, no consta sólo de experimentos ni de aprendizajes sobre los fenómenos naturales, sino que abarca toda una gama de indagaciones, actividades, diálogos y reflexiones – casi hasta filosóficas – en torno a los temas en cuestión⁶⁷. Además, se les indica a los maestros que las lecciones son abiertas «porque la ciencia es abierta»; y a los niños se les invita a una libertad análoga, mediante el diálogo y la elaboración de textos libres.

¿Qué necesitaría una maestra saber, y saber hacer, para gestionar o propiciar exitosamente todas estas experiencias de aprendizaje? Entre otras cosas, cabe reflexionar que no sólo debería conocer y manipular gran cantidad de seres, objetos y sustancias para las investigaciones, sino también saber qué principios están detrás de muchos de ellos para poder guiar las discusiones como se espera (las reacciones químicas del bióxido de carbono, por ejemplo. 5°, L.M., p. 139). El docente necesitaría igualmente una remarcable competencia teórica y práctica en agricultura, y también, competencias para abordar los aspectos sociales de los temas, amén de la pedagogía reflexiva, dialogante y abierta que se buscaba. Es fácil comprender que la mayoría de los maestros no pudieran desempeñar este multifacético y exigente rol a partir del mero cambio de libros. (Sin embargo, los investigadores del DIE-CINVESTAV pudieron constatar que, en muchas escuelas rurales, los maestros de por sí realizaban muchas de las actividades agrícolas que el currículo sugería: Candela, A. Comunicación personal, 21 de octubre de 2015).

Más allá de la viabilidad del currículo, su revisión hace patente que sus autores propusieron mucho más que una suma de contenidos o actividades: la sensación es la de un todo con fisonomía propia. Se propone una visión sobre diversos fenómenos naturales, y también una visión sobre el conjunto de ciencia, tecnología y sociedad; todo ello desde perspectivas políticas, estéticas y epistemológicas bastante

proceso que usan los estudiantes cuando luchan por comprender el lenguaje formal de la ciencia utilizado en los libros de texto. ‘Por más que evoquen su propio territorio recordado con los ojos cerrados’, dice Solomon (1994, p. 16), esto no les ayudará con la tarea ajena de comprender los cánones de la ciencia. Este punto de vista es expandido por Martin (1993), quien argumenta que la ciencia no puede ser comprendida en las ‘propias palabras’ del estudiante, porque la ciencia ‘ha desarrollado un uso especial del lenguaje para interpretar el mundo en sus propios términos, no en los términos del sentido común» (Martin 1993, p. 200)». (Traducción libre de Wallace y Loudon, 1998, p. 476). Las referencias originales son las siguientes:

Martin, J.R.: 1993, ‘Literacy in Science: Learning to Handle Text as a Technology’, in M.A.K. Halliday & J.R. Martin, *Writing Science: Literacy and Discursive Power*, Falmer Press, London, 106-202.

Solomon, J.: 1994, ‘The Rise and Fall of Constructivism’, *Studies in Science Education* 23, 1-19.

67 Una lección que ejemplifica este tratamiento es «La luz», en 5° grado. Parte de una reflexión sobre la importancia de la luz para el hombre. Explica que es por esta razón que se ha estudiado desde los tiempos más remotos. Indica elaborar un disco de Newton, tras lo cual habla de los descubrimientos de este científico en torno a la luz blanca, a través de experimentos ‘similares’ a los que los niños acaban de realizar. En la información para el maestro, además de explicarse qué es la luz y cómo se transmite, se detallan ciertos ‘efectos’ que tiene: la fotosíntesis como fenómeno químico, y la visión como fenómeno fisiológico (5°, L.M., pp. 63-64). Se incentiva así el análisis de un fenómeno cotidiano – la luz – desde una perspectiva no cotidiana, y su relación con otros temas.

discernibles. Se propone también la manera en que los niños han de interactuar con objetos, plantas y animales, así como con sus propios maestros y compañeros, para llegar a aprendizajes determinados. Todo esto, si llegara a convertirse en el quehacer diario en un aula, conformaría un peculiar *ethos* práctico y epistémico de la ec.

Así, esta instancia de la ec, aunque en definitiva tenga mucho de ciencia y tecnología, se trata de algo bien distinto, y no sólo porque las prácticas y saberes propios de los profesionales estén fuera del alcance de los niños y maestros de primaria. Una de las diferencias es que aquí se busca dar un panorama sobre el mundo natural a partir de muchas ramas de la ciencia. Las ciencias modernas – una selección de sus disciplinas y contenidos – son aquí utilizadas como un insumo para un objetivo quizás ajeno a ellas: enseñarle a los niños cómo es el mundo. Otra diferencia importante es que, si el objeto de la ciencia son los fenómenos que estudia, aquí la ciencia misma se vuelve objeto, pues el currículo la tematiza de diversas maneras. Por último: en realidad, no se trata sola o exactamente de ciencia y tecnología. Se trata de un planteamiento amplio, concebido como socialización deseable para los niños, en el que la ciencia y la tecnología juegan diversos papeles, pero no lo abarcan todo⁶⁸. Así, queda claro por qué la ec no puede definirse como una simple difusión del conocimiento especializado.

Los libros mismos, en su peculiaridad como género, son indicio de la peculiaridad epistémica de la ec. En su lectura, a partir de asuntos cotidianos y elementales, se va desplegando una visión específica, rica y profunda a través de las preguntas, los experimentos – aunque no se realicen –, las reflexiones sugeridas, las ilustraciones y la información complementaria. En ocasiones, el tratamiento de los temas tiene un tinte casi filosófico, pues se toman fenómenos cotidianos y se los considera desde perspectivas diversas, inusuales e integradoras⁶⁹. En estos libros en particular, el estilo, los formatos, las temáticas y el tratamiento guardan uniformidad, coherencia y complementariedad. Se trata de una obra indudablemente bella y estimulante (además de formativa e informativa) que refleja las convicciones de los autores, su notable trabajo, y las privilegiadas condiciones en que pudieron emprender un proyecto de tal magnitud⁷⁰.

68 En la lección sobre sexualidad, por ejemplo, la ciencia aporta algunos datos, pero el nudo es enteramente otro: que los niños se sientan tranquilos frente a los cambios que vivirán en la adolescencia.

69 Ver, por ejemplo, la sección de Información para el maestro de la lección «El agua» en 5° grado, incluida en el anexo (5°, L.M., pp. 184-186). Otro ejemplo serían las preguntas para el niño y la sección de Información para el maestro en la lección «El sol nos da luz y calor» en 1° grado, sobre el sol como fuente de todo lo que nos rodea (1°, L.M., pp. 50-51).

70 La lectura para esta investigación fue realizada a más de cuarenta años de la publicación de los libros, y contando con 30 años de vida y 22 de escolaridad; aun así representó una inmersión significativa en las ciencias y en la cultura científica en un sentido bastante amplio. El gusto y aprovechamiento con que revisé el material quizá tengan que ver con su interés para el campo de los estudios sobre la ciencia y tecnología, y quizá también con los recursos con que cuento como adulta para comprender y dar sentido al contenido, esto sumado al hecho de haber revisado el material de corrido y en su conjunto – en suma, condiciones muy diferentes a las de los niños y maestros a quienes fue dirigido. Otra diferencia de mi experiencia con la de los usuarios originales es que yo tuve la posibilidad de ampliar cualquier información o solventar fácilmente cualquier duda gracias a Internet.

Entonces, la producción de los libros de texto (que son un elemento constitutivo de la EC), también es posibilitada bajo ciertas condiciones sociales.

LOS LIBROS DE TEXTO COMO DOCUMENTO PARA LOS ESTUDIOS SOBRE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

Los libros mexicanos de los setenta constituyen un documento sobre el panorama cultural de la ciencia, probablemente en mayor medida que otros materiales análogos (de otros años o de otros países), dado el momento y las condiciones en que fueron creados: estaba, por un lado, el afán reformador y legitimador echeverrista, con una temática conciliadora, popular, agrícola y tercermundista; esto aunado al estreno de la política científica nacional. Por otro lado, ese gobierno echeverrista habilitó y dio carta blanca a un equipo multidisciplinario, liderado por científicos de instituciones mexicanas de educación superior (una élite cultural y científica), muchos de ellos de filiaciones marxistas; para desarrollar, expresar y articular, de principio a fin, lo que consideraran que debía ser la educación en ciencia de la niñez mexicana. El documento resultante es un testimonio privilegiado, en el que quedan explícitos e implícitos recuentos, descripciones, síntesis, selecciones, visiones y posturas sobre la ciencia, la tecnología, y sobre éstas en la sociedad. Su relevancia como documento aumenta si se considera su dimensión editorial: no había ni hay libros tan editados y difundidos en México como los libros de texto gratuitos.

En lo que toca a las preguntas sobre la caracterización de la reforma curricular, y a su situación respecto de los desarrollos internacionales, los libros dan pistas para dimensionar en qué medida se trata de una reforma «positivista», «empirista» y basada en el «aprendizaje por descubrimiento»: consta el rol explícito e implícito que se le da a la percepción y a los experimentos en el aprendizaje, pero constan también matices y visiones diferentes. Los libros aclaran asimismo en qué sentido fue una reforma «de los científicos», y en qué sentido fue mucho más que eso. Finalmente, se desprende que, si bien el currículo pudo haber retomado mucho de la ‘primera revolución’ estadounidense, sus raíces e influencias son mucho más profundas, y que su producción tiene un fortísimo componente local y original.

§



7

CONCLUSIONES

En este trabajo se establecieron dos propósitos. El primero, sondear los ángulos desde los cuales la educación en ciencia (EC) guarda interés para los estudios filosóficos y sociales sobre ciencia y tecnología, a partir del caso de la reforma curricular en ciencias naturales de primaria en México en los años setenta. El segundo, explorar, a partir del mismo caso, por qué y cómo la EC forma parte de la educación y de la realidad moderna – un *porqué* social, político, histórico y filosófico. No se reseñarán por aparte los hallazgos sobre cada propósito, sino que, bajo rubros temáticos, se entretrejerán ambos aspectos, abordando además las maneras en que pueden darse las conexiones y las aportaciones mutuas entre ellos.

Se ha partido del supuesto de que el currículo de ciencias naturales puede ser un buen punto de aproximación entre los estudios sobre la ciencia y la ec. Las condiciones de elaboración del currículo aglutinan significativos aspectos políticos, institucionales e ideológicos en torno a la ciencia y su enseñanza. Por otro lado, es fuente de información el currículo ya elaborado, el *currículo como estructura*: su contenido, sus referentes teóricos, sus objetivos, sus criterios organizativos, sus referentes temáticos y sus referentes de evaluación (López y León, 2003, pp. 369-370), entre otros (como sus características estéticas). En esta investigación se consideraron sobre todo las condiciones de elaboración, y en cierta medida, la *estructura* del currículo mexicano de los setenta.

No se abordó aquí el *currículo como proceso* (la puesta en práctica del mismo: la gestión escolar, el desempeño de los docentes, los desarrollos didácticos, el dominio disciplinar y las concepciones de ciencia y de aprendizaje de los profesores, etcétera (López y León, 2003, pp. 369-370)), pero habría material suficiente para hacerlo: las últimas décadas han visto una verdadera explosión en el campo de la investigación de la educación en ciencia, con diversas corrientes, enfoques y metodologías de estudios cualitativos que se han añadido a los cuantitativos. Estos estudios no se limitan a lo que ocurre dentro del aula, sino que sitúan la enseñanza escolarizada de las ciencias en marcos sociales, políticos y culturales (ver las descripciones de las corrientes sociocultural y crítica en el artículo de Anderson, 2007). En México, surgieron algunas de estas líneas de investigación del *currículo como proceso* justamente a partir de la reforma de los setenta.

La relevancia del *currículo como proceso* para los estudios filosóficos y sociales sobre la ciencia y tecnología radicaría en que, dada la cobertura casi universal de la educación básica, y dado el carácter obligatorio de un currículo en el que las ciencias naturales tienen un lugar significativo⁷¹, las escuelas podrían ser uno de los espacios privilegiados de prácticas, reflexiones y discursos en torno a la ciencia y la tecnología en un país como México. Un acercamiento al *currículo como proceso* podría ayudar a explicar, por ejemplo, el estado que guarda la comprensión pública de estos temas⁷². También podría ayudar a conceptualizar a la ec como un fenómeno epistémico, a la vez relacionado con la ciencia profesional y distinto de ella. Por ejemplo, los datos empíricos de lo que ocurre en las escuelas podrían decir en qué manera los experimentos y los laboratorios escolares forman parte de la red práctica, artefactual y cognitiva que soporta la «univer-

⁷¹ Aunque no prioritario: es revelador que dentro de los «Ocho rasgos de la normalidad mínima», ideados por el pionero nacional de la investigación educativa Pablo Latapí, y adoptados en los últimos años como corolario en el sistema educativo mexicano, figura el logro de los aprendizajes de lectura, escritura y matemáticas, pero no los de ciencias.

⁷² A pesar de la presencia de la ciencia en el currículo, la educación no necesariamente es el factor que más impacta en la comprensión pública de la ciencia (adecuada o inadecuada). Indicativo de esto es el hallazgo de Flores, Gallegos y Reyes (2007) en un estudio sobre las concepciones de la noción de ciencia que tienen profesores de química de nivel secundaria en México: encuentran que los referentes más importantes para formar estas concepciones, no provienen de su preparación formal, sino de revistas de contenido general (tales como *Selecciones* o *Muy interesante*), de productos mediáticos de divulgación (tales como los del Discovery Channel) y de películas de ciencia ficción.

salidad» de ciertas leyes científicas, en el sentido planteado por Latour (2007, p. 48). Planteamientos como éste a su vez podrían ayudar a la propia ec a pensarse a sí misma desde perspectivas diferentes a las que suele adoptar: contribuirían a nuevas conceptualizaciones de ella en tanto fenómeno epistémico, así como sobre su significado, sus alcances, potenciales, aportaciones y límites. Se dejan estas ideas sólo a modo de sugerencia, pues pertenecerían a otro trabajo.

EL PARENTESCO DE LA EC CON LA CIENCIA Y LOS ESTUDIOS SOBRE LA CIENCIA

El recuento de los orígenes y desarrollos de la ec, realizado en este trabajo a modo de contextualización del estudio de caso, permite atisbar su interrelación con la ciencia y la tecnología, y con las ideas y los estudios al respecto.

Desde sus inicios, muchos de los exhortos para incluir la ec en la educación han estado imbuidos del espíritu de la ciencia experimental y empirista, y ello ha representado una manera en que ese espíritu y ese corpus de conocimientos sobre los fenómenos naturales ha permeado y ha sido reinterpretado en un ámbito cultural distinto. Otros sentidos, menos centrales, en que se ha procurado impulsar la ec, han tenido que ver con adecuar la enseñanza a una sociedad marcada por la industrialización, la urbanización, la tecnificación y los cambios acelerados (en este tema, el trabajo de John Dewey enlaza la educación y la filosofía).

Con la «primera revolución» en la ec en Estados Unidos y otros países desarrollados, su impulso se dio como parte de una exacerbación de las expectativas para la ciencia y la tecnología en la posguerra. Así, este hito en la transformación científica y tecnológica, tan nodal para los estudios históricos, filosóficos y sociales; fue también un hito en la transformación de la ec.

Posteriormente, el 'giro kuhiano' en los estudios sobre la ciencia se libró también en el terreno teórico y práctico de la enseñanza de las ciencias, durante su «segunda revolución». Influencias filosóficas, movimientos culturales y aspectos internos al campo educativo, se conjugaron para dar lugar a ella. Además de esta relación de influencia que tuvieron los estudios sobre la ciencia y la tecnología sobre la educación, puede observarse un paralelismo en lo ocurrido en ambos campos: las investigaciones de base empírica obligaron a cuestionar y reencauzar las visiones heredadas. Los estudios de base empírica sobre las empresas científicas y tecnológicas fueron parte crucial del 'giro kuhiano'. De forma análoga, en educación, Jean Piaget sometió a investigación las formas en que realmente aprenden los niños, lo cual tuvo repercusiones no sólo educativas, sino también para la epistemología filosófica. Asimismo, la ola de investigaciones cualitativas de los procesos de la ec desde la década de los setenta también catalizó un replanteamiento de la misma.

Además de este paralelismo, cabe resaltar una peculiar circunstancia, resultado de esta «segunda revolución», que emparenta ambos campos. En la ec actualmente coexisten – y a veces se confunden – dos

constructivismos: el que se refiere al aprendizaje de los alumnos y el que se refiere a la naturaleza de la empresa científica. Sergio Martínez es uno de los filósofos que se ha detenido a analizar este problema (2005)⁷³.

Finalmente, desde hace algunas décadas, por influencia de la nueva filosofía de la ciencia, se investiga en el campo educativo cuáles son las concepciones de la naturaleza de la ciencia (CNC) de estudiantes y profesores. Se ha investigado, sobre todo, si las CNC de los maestros tienen repercusiones en su práctica docente. Las indagaciones han obligado a matizar las tajantes clasificaciones iniciales que se hacían de las CNC de los sujetos – constructivistas vs. positivistas –, y se ha matizado también el supuesto de que, por suscribir el primero, los maestros tendrían un mejor desempeño (ver, por ejemplo, la revisión de la literatura sobre el tema que realizan Cardoso, Chaparro y Erazo, 2006). Matthews ha argumentado que se corre el riesgo de caer en un adoctrinamiento de los maestros si se pretende hacerlos suscribir una visión constructivista (o cualquier otra), en lugar de procurar que se formen una idea propia a partir del conocimiento y reflexión sobre la ciencia misma (ver, por ejemplo, Matthews, 1998, pp. 993-995). En este campo, entonces, han tenido que recalibrarse los préstamos que se han hecho de la nueva filosofía de la ciencia, lo cual es un dato que los filósofos de la ciencia tendrían que conocer.

APORTACIONES MUTUAS EN TORNO A UNA PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

En este trabajo se propuso adoptar una perspectiva desde el sur, desde la cual considerar cuáles habrían sido las innovaciones y adaptaciones locales de la reforma curricular en cuestión, haciendo una analogía con la manera en que trabajan los historiadores de la ciencia. En la revisión del caso, se encontró un panorama ambivalente y complejo a este respecto, que vino a matizar en mucho la explicación de que la reforma de los setenta se dio por una «influencia con retraso» de la primera revolución proveniente de países desarrollados. La indagación fue posible gracias a una mirada dual, y los resultados pueden considerarse una aportación también mutua entre la mirada educativa, y la de los estudios sobre la ciencia.

Se halló, para empezar, que dentro de la retórica renovadora de la reforma educativa echeverrista, se encontraban ya apropiados conceptos de la pedagogía moderna con origen en Europa en el siglo XVIII, y que formaban parte del pensamiento educativo mexicano desde hacía más de un siglo, aunque se reeditaban como innovaciones en ese sexenio. En el planteamiento general de la reforma se daba un rol central a los valores experimentales y empíricos que se atribuyeron a la enseñanza de la ciencia desde sus primeras propuestas. Se encuentran los tres diferentes objetivos que Bybee y DeBoer (1994) identifican en la trayectoria de la educación científica: la ciencia como conocimiento valioso en sí mismo,

⁷³ En el mismo volumen compilado por Martínez y Guillaumin, donde aparece el texto del primero, se reproduce uno de Michael R. Matthews de 1994 sobre el constructivismo en la enseñanza de la ciencia. Matthews es uno de los autores del campo de la educación más activos en la reflexión sobre las múltiples relaciones entre ésta y la filosofía de la ciencia. Ver, por ejemplo el último libro que editó al respecto: un manual internacional sobre la investigación sobre historia, filosofía y enseñanza de la ciencia (Matthews, 2014).

la ciencia como medio para el desarrollo personal y social, y el aprendizaje de los métodos de la ciencia como medio para otros fines, además del rol de la ciencia como remedio a la superstición y a la ignorancia. Las funciones dadas a la ciencia en los documentos en torno a la reforma, entonces, responden más a tradiciones educativas y culturales longevas y arraigadas, que a una improvisación inspirada en los recientes planteamientos internacionales. De hecho, en ninguna parte se menciona la necesidad de formar futuros científicos – preocupación central en la «primera revolución» –, sino que se atribuye una función de formación general a la ec.

El currículo de ciencias naturales se dio en el contexto de la ola renovadora de la reforma educativa echeverrista, con una propuesta que representaba un cambio radical respecto del currículo anterior. En parte, esto fue lo que permitió que su elaboración compartiera características con los grandes proyectos de la ‘primera revolución’ en la enseñanza de las ciencias: lo realizó un gran equipo multidisciplinario, a cargo de científicos, con apoyo institucional, con presupuesto y con autonomía. También los programas resultantes compartieron características con los programas producidos durante la ‘primera revolución’: se actualizó la información científica, se empleó una estructura en espiral como la propuesta por Bruner, y se adoptó un enfoque de ‘aprendizaje por descubrimiento’. En todo ello consta la influencia de la ‘primera revolución’.

Sin embargo, la visión de la ciencia presente en los libros de texto no se deja describir limpiamente con la etiqueta de ‘positivista’ ni ‘empirista’, ni sus concepciones pedagógicas como ‘neo-conductistas’. Podría considerarse ‘positivista’ el hecho de que se pondere a la ciencia por encima de cualquier otro tipo de conocimiento, y que se incluya como contenido el método científico (como un método de investigación de la naturaleza y en general). Pero el hecho de que se incluyeran contenidos sobre la historia de la ciencia, sobre los métodos y prácticas de las disciplinas, sobre sus vanguardias y controversias, y sobre aspectos políticos y económicos de la misma, revela que no se presentó a la ciencia como un saber acabado o descontextualizado. Por el contrario, el currículo fue innovador en la integración de estos aspectos, con lo cual se anticipó a tendencias internacionales y sirvió de antecedente para el siguiente currículo mexicano.

Por otro lado, aunque efectivamente en ese currículo se espera que los niños aprendan los conceptos previstos a partir de ciertas actividades (muchas veces sin considerar adecuadamente sus etapas de desarrollo ni el proceso de construcción de los aprendizajes), también es cierto que se le insiste a los maestros para que partan de los intereses de los niños, que basen en ello el rumbo y los límites de las lecciones, que propicien el diálogo y la reflexión libres, y que atiendan a las características del contexto (lo cual vendría a matizar la caracterización de Núñez (en Gutiérrez-Vázquez, 1980, p. 25).

Lejos de inscribir la reforma en la estela de una corriente extranjera, una revisión directa de los libros podría sugerir un localismo muy marcado. Los fenómenos naturales y otros temas tratados se sitúan en la geografía y en la sociedad mexicana. Las imágenes remiten a contextos ostensiblemente locales y populares (algunos urbanos, pero muchos de ellos rurales). Es evidente la intención de los autores de

reflejar «la realidad nacional». Además, a menudo se explicita el tema de si México y otros países similares cuentan o no con ciertos desarrollos científicos y tecnológicos.

Más allá de estas características localistas, el proyecto subyacente de producir desde cero una obra con una visión coherente, actualizada, situada, pertinente, didáctica y atractiva de las ciencias naturales, denota otro aspecto de su originalidad. Los testimonios de científicos y divulgadores presentados en el Capítulo 5 dejan constancia de que semejante empresa no pasó inadvertida, y que tuvo una relevancia al menos para un sector en aquel contexto.

Para situar en qué medida el currículo de los setenta fue una innovación local, también es necesario tomar en cuenta que fueron científicos y otros especialistas locales, con el respaldo de instituciones también locales, quienes presentaron sus propias disciplinas y campos de trabajo. El proyecto dio luz a un campo especializado, en el seno del CINVESTAV, en el que se fueron generando conocimientos propios a partir del seguimiento de la implementación de la reforma (mismos que resultaron en insumos para nuevos proyectos en México y en contribuciones internacionales al campo); lo cual también habla de un proceso con peculiares consecuencias locales. Resulta paradójico que condiciones de elaboración que pudieron ser parecidas a las de los grandes proyectos de la 'primera revolución', dieran lugar a un proyecto curricular innovador, arraigado y ambicioso, que no ha vuelto a repetirse hasta ahora.

Finalmente, la revisión de este caso local lleva a cuestionar o matizar el relato macro sobre la EC, de una manera análoga a lo que ocurre en los estudios filosóficos, históricos y sociales sobre la ciencia. Y es que, en estos últimos, desde visiones constructivistas de la empresa científica, ha habido una detracción del positivismo lógico que llega a deformarlo⁷⁴. De forma parecida, en la EC llega a darse una especie de triunfalismo constructivista desde el cual se caricaturizan los desarrollos de la «primera revolución», atribuyéndoles un científicismo, un empirismo y un positivismo burdos. Al menos en el caso analizado, resulta evidente la necesidad de balancear esto; y en general, es necesario tener presente que, finalmente, la «primera revolución» es una etiqueta ideada por McCormack en los años noventa y secundada por

⁷⁴ Reisch (2005) expone cómo se operó esta tergiversación del programa del positivismo lógico (en la que Polanyi y Kuhn habrían dado las estocadas definitivas), reduciéndolo sólo a sus aspectos lógicos y metodológicos. «Frente a la concepción heredada del positivismo lógico, Reisch nos ofrece una visión renovada que se acerca mucho a las más innovadoras propuestas de nuestros días. En primer lugar, lejos de sustentar un reduccionismo o fundamentalismo empirista, la interpretación del fisicalismo que nos presenta, particularmente en la versión de Neurath, es holista y falibilista. Asimismo, lejos de sustentar una visión correspondentista de la verdad se muestra que los positivistas se inclinaban por el coherentismo. En contra del absolutismo semántico y metodológico, defienden el pluralismo; en lugar de comprender a la ciencia como un sistema de enunciados, prefieren verla como una «enciclopedia». Finalmente, y esto es lo más importante, frente a la concepción cartesiana de la racionalidad científica, basada en fuentes inmutables y métodos infalibles para la construcción del conocimiento absoluto, concepción que Neurath denomina «pseudoracionalista», se propone una nueva idea de racionalidad científica que, si bien incluye aspectos lógicos, lingüísticos, metodológicos y teóricos, también reconoce los límites y riesgos de estos elementos, por lo que incluye también lo que denomina «motivos auxiliares» que se refieren a ideas y valores, éticos, sociales y políticos» (Velasco, 2011, pp. 240-241).

autores posteriores, pero que, como toda etiqueta, corre el riesgo de parcializar y simplificar la realidad desde una visión particular.

LA EC COMO FENÓMENO EPISTÉMICO

Independientemente de su situación frente a los desarrollos internacionales, el análisis de los libros de los setenta fue ilustrativo al dar textura a lo que puede ser la EC en una de sus concreciones; en tanto fenómeno cultural y epistémico no asimilable a la ciencia profesional (aun cuando se procediera hasta cierto punto bajo el supuesto de que los niños actuarían y aprenderían como «pequeños científicos»), ni tampoco definible como una mera difusión de ésta. Si bien el currículo *como estructura* es un documento prescriptivo, y no una descripción de lo ocurrido en las aulas, sí da la pauta para vislumbrar el tipo de objetivos, temas, discursos, saberes y prácticas que pueden estar en juego, y que conforman un todo peculiar. La revisión de otros currículos de ciencias naturales, *como estructura* y *como proceso*, desde miradas filosóficas, contribuiría a dar un lugar a la EC dentro del abanico, o de la red, de manifestaciones epistémicas de la modernidad.

En este sentido, el análisis también hace evidente que con la EC vienen aparejadas asignaciones particulares de los roles de expertos y demás participantes. En este caso, por ejemplo, los políticos y funcionarios que encargaron y cobijaron la reforma fueron ingenieros. Los científicos profesionales fungieron como los líderes de una interpretación de las aspiraciones y necesidades educativas de la sociedad; y junto con un equipo plural (en el que los *ilustradores* tuvieron un papel especialmente central), fueron curadores y mediadores del contenido relacionado con las diversas disciplinas científicas. Los maestros, que no contaban con una formación científica, habían de empaparse de nueva información (ver las secciones «Información para el maestro»), que en combinación con sus competencias docentes, los habilitaría para realizar una sofisticada gestión didáctica de los contenidos. Los niños eran esos destinatarios que, a partir de la observación, la reflexión y la acción sobre su entorno, y del estudio de los distintos temas, estarían en condiciones de participar de las *ideas generales* que describen el mundo natural (diversidad, unidad, cambio...), y estarían también en posibilidad de desarrollar un acercamiento racional y metódico a su entorno natural y social, y a los problemas que enfrentarían en la vida. Los padres de familia tenían el rol de facilitar este proceso.

LA COMPRENSIÓN DE LA EC COMPLEMENTA LA COMPRENSIÓN DE LA CULTURA

Un acercamiento a la EC como el que aquí se ha realizado, permite desprender algunas ideas sobre lo que ésta podría significar para la cultura moderna y contemporánea. La EC tiene una génesis cercana a la de los entusiasmos por la ciencia experimental y por sus corolarios epistémicos, y ése es un rasgo que se ha mantenido en buena parte de sus manifestaciones. No sólo la EC, sino la educación en general, han estado

asociadas a la retórica de la cientificidad y la racionalidad. Gutiérrez-Vázquez (1982), por ejemplo, escribía que el propósito de la enseñanza de la ciencia no es el de preparar ‘pequeños científicos’ (dado que esa noción ya había sido superada), pero insistía en que de ciencia se aprende haciendo y no leyendo. Quizá esta convicción estuviera influida por la ‘primera revolución’, según la cual había que enseñar la ciencia ‘tal como es’, y no mediante lecturas; pero más bien tiene que ver con la suscripción de Gutiérrez-Vázquez, en tanto científico, a un ideario de raigambre ilustrada sobre la ciencia como ruptura con lo escolástico, como reivindicación del experimento y la empiria, como emprendimiento, como conocimiento de la realidad tal cual es. Un ideario que, no por añejo, pierde su perenne cariz de reforma, de causa en la cual militar.

Así, aunque haya habido y siga habiendo gran variación – y hasta contraposición – entre los enfoques promovidos en la EC; cabría explorar la hipótesis de que predomina algo esencial, y profundamente ligado a los afanes culturales de occidente. Esto esencial se podría caracterizar quizá como la socialización (más o menos exitosa) de una visión secular y naturalista, en la que se promueven ese tipo de explicaciones y enfoques sobre la naturaleza, en contraposición a las cosmovisiones mágicas, a las explicaciones míticas y a los acercamientos tradicionales. Es significativo que a menudo los educadores indígenas se refieran al currículo nacional, occidental, como «científico». Hay toda una rama de las investigaciones sobre la EC dedicada a estudiar si ésta es compatible, y de qué modo, con cosmovisiones no occidentales – orientales, islámicas, africanas, indígenas y hasta barriales. Se analiza cómo los estudiantes en estos contextos enfrentan estas áreas del currículo, normalmente con mayor dificultad que en contextos occidentales y urbanos⁷⁵.

Sin embargo, un acercamiento a la EC también revela que, no por ser una empresa ligada a lo occidental, tiene el éxito asegurado en occidente. Lejos de esto, el logro de los aprendizajes esperados, o incluso, el que el estudio de la ciencia resulte significativo para los alumnos, sigue siendo un reto en la mayor parte de los contextos. Uno de los tópicos bajo el cual se estudia esta dificultad, es el de la resistencia que tienen los estudiantes para cambiar sus concepciones del sentido común, o para dar cabida a otras más acordes con las científicas. En efecto, la ciencia es un cuerpo de conocimientos complejo y difícil de situar en contextos no especializados, a diferencia de otros componentes del currículo como el lenguaje o las matemáticas⁷⁶. Tal parece que las proclamas por una educación en ciencia han precedido casi siempre al desarrollo de base de las prácticas educativas – es decir, no suele tratarse de saberes prácticos que luego se expliciten y sistematicen. Esto podría ser una razón por la cual el logro de los objetivos ha sido una dificultad constante. Claramente lo fue en el caso analizado, pero pareciera una tendencia generalizable.

⁷⁵ Curiosamente, la mayor parte de los países que encabezan la lista de los mejores resultados en ciencias en la prueba PISA, son orientales, lo cual ameritaría una consideración filosófica aparte.

⁷⁶ Sin embargo, también hay instancias que prueban que no tiene por qué ser así. Un ejemplo de ello son los poetas británicos que forman parte de la compilación realizada por Carlos López y Pedro Serrano: «Al preguntarles sobre la apropiación de lo científico en sus poemas, varios de los incluidos mostraron sorpresa de que nos pareciera inusual. Para ellos, la ciencia está ahí, en la televisión, la escuela, las revistas de divulgación, en los científicos mismos y sus historias, y es entre muchas otras cosas fascinante y diversa. «¿Por qué perderse de eso?», respondieron» (López, 2005, p. 45).

Estas observaciones guardan una resonancia con las tesis sobre la modernidad de Latour (2007), que bien valdría la pena explorar.

Ahora bien: aunque quizás haya un núcleo constante en la EC como el que se acaba de sugerir, los cuestionamientos y las nuevas propuestas han estado presentes a lo largo de su historia. Esto ha generado una diversidad en la que la «ciencia» y lo «científico» no siempre significan lo mismo. Los objetivos subyacentes pueden ser también muy diferentes (mayor arraigo en la naturaleza, adaptación a la vida moderna, formación de futuros cuadros científicos, formación general...). Las diferentes tradiciones y énfasis han tenido sus momentos de auge y sus recurrencias, ligadas a distintos climas y factores culturales, sociales, políticos, filosóficos y educativos; por lo que las inflexiones en la EC dicen mucho sobre sus respectivos contextos y viceversa. Actualmente puede encontrarse una diversidad en objetivos y métodos: una diversidad que goza hasta cierto punto de aceptación. Cabría reflexionar sobre lo que esto revela sobre el contexto.

REFLEXIONES FINALES

Hoy se sabe más que en los años setenta del siglo veinte sobre las posibilidades y los rumbos de la educación en ciencia, pero las preguntas sobre para qué y cómo enseñarlas, asociadas a preguntas filosóficas de fondo, permanecen y evolucionan:

Es notable lo extendido del interés filosófico contemporáneo. Las preguntas sobre la naturaleza de la ciencia se han expandido de su nicho estándar en teoría del currículo, a discusiones sobre teoría del aprendizaje, estudios sobre cambio conceptual, formación docente, mujeres y ciencia, educación multicultural en ciencia, ética ambiental y teoría constructivista. Difícilmente hay un área de la educación científica que no esté tocada por consideraciones epistemológicas como las siguientes. ¿Qué es el conocimiento humano? ¿Cuál es la diferencia entre creencias y conocimientos de los estudiantes? ¿Qué es lo distintivo del conocimiento científico? ¿Hay un método científico? ¿La ciencia occidental sólo es una entre muchas ciencias equivalentes? ¿En qué sentido es objetiva la ciencia? ¿Cómo se relaciona la ciencia con las matemáticas y otras áreas del conocimiento humano? ¿La ciencia está libre de valores? ¿Hay una forma feminista de conocer? ¿Las teorías científicas hacen aseveraciones sobre el mundo o sólo sobre la experiencia? (Matthews, 1998, p. 983)⁷⁷.

Ana Isabel León Trueba, en un artículo en que reflexiona sobre las reformas curriculares mexicanas (siendo entonces la más reciente la de 1993), proponía plantearse las siguientes cuestiones:

¿Qué finalidad se persigue con la enseñanza de las Ciencias Naturales en la educación básica? ¿Qué conocimientos es necesario comunicar a las nuevas generaciones? ¿Pretendemos enseñar Ciencias Naturales para preparar a los alumnos con miras a una profesión en el campo de las ciencias o de la tecnología o nuestra pretensión va más en el sentido de proporcionarles los elementos necesarios para

⁷⁷ Traducción libre.

ampliar su comprensión sobre el mundo en el que viven, o bien la ciencia es sólo un pretexto para que adquieran capacidades intelectuales básicas? ¿Hacia dónde queremos dirigir nuestra enseñanza? Las preguntas mencionadas no pueden resolverse mediante la decisión de un funcionario o de una comisión; deben ser debatidas seriamente y no en foros de carácter político que tienden más a legitimar un proyecto ya decidido que a analizar las diferentes opciones que pudieran existir para el tema (León, 1995, p. 51).

En esta discusión, que siempre será necesario reeditar, y que es eminentemente multidisciplinaria, los filósofos y científicos sociales tienen mucho que aportar. Sin embargo, su participación debe atender el corpus teórico y empírico ya existente, así como a la historia de la EC, incluyendo significativos episodios como el de la reforma mexicana de los setenta, que aquí hubo oportunidad de sopesar.

§

REFERENCIAS

- Akker, V. (1998). The science curriculum: between ideals and outcomes, en B. Fraser y K. Tobin (eds.), *International Handbook of Science Education*, 1. Dordrecht, Países Bajos: Kluwer Academic Press, 421-447.
- Álvarez, L. (1982). Justo Sierra y la obra educativa del Porfiriato, 1901-1911, en Solana, F., Cardiel, R. y Bolaños, R. *Historia de la educación Pública en México*. México: Secretaría de Educación Pública, 83-115.
- Anderson, C. (2007). Perspectives on Science Learning, en Abell, S. K. y Lederman, N. G. (eds.) *Handbook of Research on Science Learning*. Routledge, 3-30.
- Azuela, L. F. (2010). La ciencia positivista en el siglo XIX mexicano, en Ruiz, R., Argueta, A. y Zamudio, G. *Otras armas para la Independencia y la Revolución*. México: Fondo de Cultura Económica, 172-188.
- Bazant, M. (2006). *Historia de la educación durante el Porfiriato*. México: El Colegio de México.
- Ben-David, J. (Abril de 1970). The Rise and Decline of France as a Scientific Centre. *Minerva. A Review of Science, Learning and Policy*, VIII (2), 160-179.
- Bolaños, V. H. (1972). *Primera Asamblea Nacional de Educación Primaria. Comentarios a los fundamentos del plan de estudios y programas de educación primaria*. México: Secretaría de Educación Pública.
- Bravo, V. y Carranza, J. A. (1976). *La obra educativa. 1970-1976*. México: Secretaría de Educación Pública.
- Brunner, J. (1963). *El proceso de la educación*. México: UTEHA.
- Bybee, R. y DeBoer, G. (1994). Research on goals for the science curriculum, en D. Gabel (ed.), *Handbook of Research on Science Teaching and Learning*. Nueva York: Macmillan Publishing Company, 357-387.
- Bush, V. (1945). *Science: The Endless Frontier. A report to the president*. Washington, D.C.: U.S. Government Printing Office.
- Campanario, J. M. (2002). The parallelism between scientists' and students' resistance to new scientific ideas. *International Journal of Scientific Education*, (24), 10, 1095-1110.
- Candela, M. A. (1989). Los libros de texto gratuitos de ciencias naturales y la investigación en la enseñanza de las ciencias. *Avance y Perspectiva. Órgano de Difusión del CINVESTAV-IPN*, 37, 5-13.
- Candela, M. A. (1991). *La necesidad de entender, explicar y argumentar: los alumnos de primaria en la actividad experimental*. Tesis de maestría. México: DIE-CINVESTAV.
- Candela, M. A. (2004). Presentación, en Gutiérrez-Vázquez, J. M. *Con paso lento y agitadamente. Ensayos educativos*. México: DIE-CINVESTAV.

- Candela, M. A., Sánchez, A. y Alvarado, C. (2012). Las ciencias naturales en las reformas curriculares, en Flores-Camacho, F. (coord). *La enseñanza de la ciencia en la educación básica en México*. México: Instituto Nacional para la Evaluación de la Educación, 11-32.
- Cardoso, N. Chaparro, N. y Erazo, E. (2006). Una revisión sobre la naturaleza de las concepciones de ciencia. *Itinerantes*, 4, 95-101.
- Carranza, J. A. (18 de agosto de 2010). Recordando a un secretario de Educación Pública, Víctor Bravo Ahúja. *El Sol de México*. Consultado el 5 de septiembre de 2014 en <http://www.oem.com.mx/elsol-demexico/notas/n1749696.htm>
- Consejo Nacional Técnico de la Educación. (octubre-diciembre de 1982). Entrevistas. *Educación. Revista del Consejo Nacional Técnico de la Educación*, 42, 201-239.
- Corona, S. y de Santiago, A. (2011). *Niños y libros. Publicaciones infantiles de la Secretaría de Educación Pública*. México: Secretaría de Educación Pública.
- Cosío, D. et al. (1984). *Historia mínima de México*. México: El Colegio de México.
- Dávila, M. y Valadez, M. (1982). Testimonios. Dos versiones de un mismo quehacer. *Educación: Revista del Consejo Nacional Técnico de la Educación*, 8 (42), 187-200.
- De Ibarrola, M. (1989). La evaluación del trabajo académico en investigaciones educativas. *Avance y Perspectiva. Órgano de Difusión del CINVESTAV-IPN*, 37, 55-62.
- Dewey, J. (1942). *Democracy and Education: An Introduction to the Philosophy of Education*. Nueva York: The Free Press.
- DIE-CINVESTAV. [Canal de profesores del DIE-CINVESTAV] (7 de julio de 2014). Historias y perspectivas académicas. El DIE en el 50 aniversario del CINVESTAV. Evento inaugural: A 40 años de su creación. Homenaje a Juan Manuel Gutiérrez-Vázquez. 7 de octubre de 2010 [Video]. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=ceVQFLavaD8>
- Driver, R. (1983). *The Pupil as Scientist?* Buckingham: Open University Press.
- Duschl, R. A. (Noviembre de 1985). Science Education and Philosophy of Science. Twenty-Five Years of Mutually Exclusive Development. *School Science and Mathematics*, 85 (7), 541-555.
- Duschl, R. A. (1994). Research on the History and Philosophy of Science, en D. Gabel (ed.), *Handbook of Research on Science Teaching and Learning*. Nueva York: Macmillan, 443-465.
- Duschl, R. A. (2008). Reconsidering the Character and Role of Inquiry in School Science: Framing the Debates, en Duschl, R. A. y Grandy, R. E. (eds.), en *Teaching Scientific Inquiry: Recommendations for Research and Implementation*. Sense Publishers, 1-37.
- Duschl, R. A., Schweingruber, H. A. y Shouse, A. W. (eds.). (2007). *Taking Science to School. Learning and Teaching Science in Grades K-8*. Washington: The National Academic Press.
- Echeverría, J. (2003). *La revolución tecnocientífica*. España: Fondo de Cultura Económica.
- Evans, R. y Collins, H. (2007). *Rethinking Expertise*. Chicago y Londres: The University of Chicago Press.
- Fleck, L. (1986). *La génesis y el desarrollo de un hecho científico. Introducción a la teoría del estilo de pensamiento y del colectivo de pensamiento*. Madrid: Alianza Universidad.
- Flores, F. y Gallegos, L. (1993). Consideraciones sobre la estructura de las teorías científicas y la enseñanza de la ciencia. *Perfiles educativos*, 62, 24-30.
- Flores, F., Gallegos, L. y Reyes, F. (2007). Perfiles y orígenes de las concepciones de ciencia de los profesores mexicanos de química. *Perfiles educativos*, 116, 60-84.
- Fuentes, O. (1979). Educación pública y sociedad, en González-Casanova, P. y Florescano, E. (coords.). *México Hoy: Entre lo deseable y lo posible*. México: Siglo XXI, 230-265.
- Gallegos, L.; Bonilla, X. (2012). Impacto de la investigación en la educación en ciencias, en Flores-Camacho, F. (coord), en *La enseñanza de la ciencia en la educación básica en México*. México: Instituto Nacional para la Evaluación de la Educación. Otros textos de evaluación, 141-156.
- Gómez, A. A., Guerra, M. T., López, D. M., García, C. M., García, A., García, J. B., ... Pulido, L. G. (2013). Investigación acerca de educación en ciencias naturales en México. 2002-2011, en Ávila, A., Carrasco, A., Gómez, A. A., Guerra, M. T., López, G. y Ramírez, J. L. (coords.). *Una década de investigación educativa en conocimientos disciplinares en México. Matemáticas, ciencias naturales, lenguaje y lenguas extranjeras. 2002-2011*. México: ANUIES / COMIE.
- Gorbach, F. y López, C. (2008). Apuntes para ubicar nuestras historias de las ciencias, en Gorbach y López (eds). *Saberes locales. Ensayos sobre historia de la ciencia en América Latina*. México: El Colegio de Michoacán, 11-38.
- Greiff, A. y Nieto, M. (2008). Lo que aún no sabemos sobre el intercambio tecnocientífico entre Sur y Norte. Nortecentrismo, difusión científica y estudios sociales de la ciencia, en Gorbach, F. y López, C. (eds). *Saberes locales. Ensayos sobre historia de la ciencia en América Latina*. México: El Colegio de Michoacán, 41-70.
- Guerra Ramos, M. T. (2012). El currículo oficial de ciencias para la educación básica y sus reformas recientes: retórica y vicisitudes, en Flores-Camacho, F. (coord). *La enseñanza de la ciencia en la educación básica en México*. México: Instituto Nacional para la Evaluación de la Educación. Otros textos de evaluación, 79-92.
- Gutiérrez-Vázquez, J. M. (coord.) (1980). Diagnóstico de la enseñanza de las Ciencias Naturales en la escuela primaria, Informe de Investigación elaborado por M. S. Núñez. Documento interno. México: DIE-CINVESTAV-IPN.
- Gutiérrez-Vázquez, J. M. (1982). Reflexión sobre la enseñanza de las Ciencias Naturales en la primaria. *Educación, Revista del Consejo Nacional Técnico de la Educación*, 42, 13-32.
- Gutiérrez-Vázquez, J. M. (mazo-abril de 1995). La reforma de 1972-1976. *Básica. Revista de la Escuela y del Maestro*. Edición titulada «Enseñanza de las ciencias naturales», 4, 30-38.
- Gutiérrez-Vázquez, J. M. (2004). *Con paso lento y agitadoamente. Ensayos educativos*. México: DIE-CINVESTAV, 92-103.
- Gutiérrez-Vázquez, J. M., Avilés, M. V., Montañez, R. y Mejía, A. (1993). Libros de texto y estilos de docencia. Uso de los libros de ciencias naturales en el Estado de Michoacán. *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos*, 23 (4), 87-107. Disponible en http://www.cee.edu.mx/revista/11991_2000/r_texto/t_1993_4_04.pdf
- Gutiérrez, R., (16 de diciembre de 2008) «Juan Manuel Gutiérrez Vázquez. Obituary». *The Guardian*. Recuperado el 5 de septiembre de 2014 de <http://www.theguardian.com/theguardian/2008/dec/16/obituary-other-lives-biology-science>
- Hammer, D., Elby, A., Scherr, R. E. y Redish, E. F. (2004). Resources, Framing, and Transfer», en Mestre, J. P. (ed.), *Transfer of Learning from a Modern Multidisciplinary Perspective*. Charlotte, Carolina del Norte: Information Age Publishing, 89-118.
- Ibarra, A. y Olivé, L. (eds.). (2003). *Cuestiones éticas de la ciencia y tecnología en el siglo XXI*. Madrid: Organización de los Estados Iberoamericanos (OEI).
- Joslin, P., Stiles, K. S., Stanley, J., Anderson, O. R., Gallagher, J. J., Butler, J., ... y Roth, W. M. (2008). NARST: a lived history. *Cultural Studies of Science Education*, 3, 157-207.
- Kleinman, D. L. y Moore, K. (2014). *Routledge Handbook of Science, Technology, and Society*. Routledge.
- Koboyashi, J. M., Zoraida, J., Tanck de Estrada, D., Staples, A. y Trábulse, E. (1976). *Historia de la educación en México*. México: SEP. Libros de texto gratuitos para la educación normal.
- Kuhn, T. (2010). *La estructura de las revoluciones científicas*. México: Fondo de Cultura Económica.
- Latapí P. (1998). Un siglo de educación nacional: una sistematización, en Latapí, P. (coord.). *Un siglo de educación en México*. México: Fondo de Cultura Económica, 21-42.

- Latour, B. (2007). *Nunca fuimos modernos. Ensayo de antropología simétrica*. Buenos Aires: Siglo Veintiuno.
- Lazos, L. y García, A. (2011). La educación científica intercultural: de los beneficios teóricos a los problemas prácticos. *Revista de Derechos Humanos y Estudios Sociales*, 6, 13-31.
- Leff, E. (1979). Dependencia científico-tecnológica y desarrollo económico, en González-Casanova, P. y Florescano, E. (coords.). *México Hoy: Entre lo deseable y lo posible*. México: Siglo XXI, 266-285.
- León, A. I. (marzo-abril de 1995). Y, ¿si pensáramos... al revés? *Básica. Revista de la escuela y del maestro*, 4, 47-58.
- León, A. I.; Goñi, H.; Domínguez, A.; Flores, F.; Gallegos, L.; González J.; López, A. y Rojano, R. (1995). Ciencias Naturales y Tecnología, en G. Waldegg (ed.), *Procesos de Enseñanza y Aprendizaje II*. México: Consejo Mexicano de Investigación Educativa, 21-120.
- León, A. I. y Solé, M. (octubre-diciembre de 1982). ¿Enseñamos realmente a investigar la naturaleza? *Educación. Revista del Consejo Nacional Técnico de la Educación*, 42, 167-186.
- Linares, J. E. (2008). *Ética y mundo tecnológico*. México: Universidad Nacional Autónoma de México – Fondo de Cultura Económica.
- López, A. y León, A. I. (2003). Currículo como estructura y proceso, en López, A. (coord.) *Saberes científicos, humanísticos y tecnológicos: procesos de enseñanza y aprendizaje*. México: Consejo Mexicano de Investigación Educativa. 369-397.
- López, C. (2005). «Trenzadas» y otros ensayos nómadas. México: Croma-Paidós.
- López, C. (coord.) (2011). *Genes (&) mestizos. Genómica y raza en la biomedicina mexicana*. México: Ficticia.
- López y Mota, A. D. (1995). Los nuevos programas de estudio de ciencias naturales. *Básica. Revista de la Escuela y del Maestro*. Fundación SNTE para la Cultura del Maestro Mexicano, 4, 39-45.
- Martínez, S. (2005). Constructivismo y filosofía de la educación, en Martínez, S. y Guillaumin, G. (comps.), *Historia, filosofía y enseñanza de la ciencia*. México: UNAM, Instituto de Investigaciones Filosóficas, 401-417.
- Matthews, M. (1994). *Science Teaching: The role of History and Philosophy of Science*. Nueva York: Routledge.
- Matthews, M. (1998). The Nature of Science and Science Teaching, en B. Fraser y K. Tobin (eds.), *International Handbook of Science Education 1*. Londres: Kluwer Academic Publishers, 981-999.
- Matthews, M. (2014). (ed.). *International Handbook of Research in History, Philosophy and Science Teaching*. Springer.
- McCormack, A. (1992). Trends and Issues in Science Curriculum, en Cheek, D. W. (ed.) *Science Curriculum Resource Handbook: A Practical Guide for K-12 Science Curriculum*. Millwood, Nueva York: Kraus International Publications, 16-41.
- Meneses, E. (1991). *Tendencias educativas oficiales en México, 1964-1976*. México: Centro de Estudios Educativos – Universidad Iberoamericana.
- Núñez, M. (marzo-abril de 1995). Las ciencias naturales en los 60. *Básica. Revista de la escuela y del maestro*, 4, 22-30.
- Pedretti, E. y Nazir, J. (2011). Currents in STSE Education: Mapping a Complex Field, 40 Years On. *Science Education* 95, 601-626.
- Piaget, J. (1974). *Introduction à l'épistémologie génétique : 2. La pensée physique*. París: Universitaires de France.
- Riechmann, J. (2005). *Un mundo vulnerable. Ensayos sobre ecología, ética y tecnociencia*. Madrid: Catarata.
- Reisch, G. (2005). *How the Cold War Transformed Philosophy of Science. To the Icy Slopes of Logic*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Roth, W. M. y Bowen, G. M. (1999). Of Cannibals, Missionaries, and Converts: Graphing Competencies from Grade 8 to Professional Science Inside (Classrooms) and Outside (Field/Laboratory). *Science, Technology & Human Values*, (24), 2, 179-212.
- Roth, W. M., McGinn, M. K. y Bowen, G. M. (1996). Applications of Science and Technology Studies: Effecting Change in Science Education. *Science, Technology & Human Values*, (21), 4, 454-484.
- Sauro, S. (Septiembre-diciembre de 2013). Pensamiento Latinoamericano en Ciencia y Tecnología. *Quiqu. Revista Latinoamericana de Historia de las ciencias y la Tecnología*, (15), 3, 219-236.
- Secretaría de Educación Pública. (1972a). *Aportaciones al estudio de los problemas de la educación*. (Seis volúmenes). México: Secretaría de Educación Pública.
- Secretaría de Educación Pública. (1972b). *Ciencias Naturales. Auxiliar didáctico para el primer grado*. México: SEP.
- Secretaría de Educación Pública. (1972c). *Primera Asamblea Nacional de Educación Primaria. Comentarios a los fundamentos del plan de estudios y programas de educación primaria*. México: Secretaría de Educación Pública.
- Secretaría de Educación Pública. (1972d). *Ciencias Naturales. Auxiliar didáctico para el segundo grado*. México: SEP.
- Secretaría de Educación Pública. (1972e). *Ciencias Naturales. Auxiliar didáctico para el tercer grado*. México: SEP.
- Secretaría de Educación Pública. (1972f). *Ciencias Naturales. Primer grado*. México: SEP.
- Secretaría de Educación Pública. (1972g). *Ciencias Naturales. Segundo grado*. México: SEP.
- Secretaría de Educación Pública. (1973a). *Ciencias Naturales. Quinto grado*. México: SEP.
- Secretaría de Educación Pública. (1973b). *Ciencias Naturales. Quinto grado*. Auxiliar didáctico para el quinto grado. México: SEP.
- Secretaría de Educación Pública. (1973c). *Ciencias Naturales. Tercer grado*. México: SEP.
- Secretaría de Educación Pública. (1974a). *Ciencias Naturales. Cuarto grado*. Libro del maestro. México: SEP.
- Secretaría de Educación Pública. (1974b). *Ciencias Naturales. Sexto grado*. México: SEP.
- Secretaría de Educación Pública. (1974c). *Ciencias Naturales. Sexto grado*. Libro del maestro. México: SEP.
- Secretaría de Educación Pública (1976). *Ciencias Naturales. Sexto grado*. México: SEP.
- Secretaría de Educación Pública. (1977). *Ciencias Naturales. Cuarto grado*. México: SEP.
- Stadler, F. (2011). *El Círculo de Viena. Empirismo lógico, ciencia, cultura y política*. México: Fondo de Cultura Económica y Universidad Autónoma Metropolitana.
- Stufflebeam, D. Kellaghan, T. y Álvarez, B. (1982). *La evaluación educativa. Evidencias científicas y cuestionamientos políticos en torno a la evaluación educativa*. Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana.
- Taba, H. (1962). *Curriculum Development. Theory and Practice*. Nueva York: Harcourt Brace & World.
- Tenorio, M. (1998). *Artifugio de la nación moderna. México en las exposiciones universales, 1880-1930*. México: Fondo de Cultura Económica.
- Toledo, V. M. (22 de agosto de 2008). La muerte de un gigante: JM Gutiérrez-Vázquez. *La Jornada*. Recuperado el 2 de septiembre de 2014 de <http://www.jornada.unam.mx/2008/08/22/index.php?seccion=opinion&article=024a2pol>
- Turner, S. y Sullenger, K. (1999). Kuhn in the Classroom, Lakatos in the Lab: Science Educators Confront the Nature-of-Science Debate. *Science, Technology & Human Values*, (24), 1, 5-30.
- UNAM-CIESAS-CONACYT. (s/f). *Bravo Ahúja, Víctor*, en el Diccionario de Historia de la Educación en México. Consultado en http://biblioweb.tic.unam.mx/diccionario/html/biografias/bio_b/bravo_ahujar.htm
- Velasco, A. (2011). La Guerra Fría y la Filosofía de la Ciencia. *Metatheoria* 1(2), 235-241.
- Wallace, J. y Loudon, W. (1998). Curriculum changes in science: riding the waves of reform, en B. Fraser y K. Tobin (eds.), *International Handbook of Science Education 1*. Londres: Kluwer Academic Publishers, 471-485.

ANEXOS

UNIDADES DE LOS LIBROS DE TEXTO

Nota: No todos los índices corresponden a libros de la misma edición; puede haber algunas variaciones en los temarios según las ediciones que se consulten.

Primer grado (1º, L.M.)

1. Mirando por la ventana
2. Los niños miran
3. Toquemos las cosas
4. A qué huelen las cosas
5. Hay sabores diferentes
6. Hay muchos sonidos
7. El sol nos da luz y calor
8. La luz
9. El camino de la luz
10. El calor
11. Vivimos en la superficie de un astro: la Tierra
12. Es de día
13. Es de noche
14. El movimiento y el reposo
15. El agua
16. El aire y el viento
17. Las rocas y el suelo
18. El hombre aprovecha las rocas
19. Cosas vivas y cosas no vivas

20. Qué es el clima
21. En dónde viven otros niños
22. Hay muchos tipos de plantas
23. Animales
24. Cómo nacen las plantas
25. Cómo nacen los animales
26. Cómo crecen los animales
27. De dónde vienen las semillas
28. En dónde viven las plantas
29. En dónde viven los animales
30. Las plantas se dispersan de un lugar a otro por medio de sus semillas
31. Cómo se mueven los animales
32. El paisaje
33. Desde la Luna vemos la Tierra

Segundo grado (2º, L.M.)

1. El mundo en que vives
2. Todos trabajamos
3. El sonido viaja

4. El calor
5. La luz
6. El universo
7. Tu cuerpo
8. Las partes de la planta
9. Qué necesitan las plantas
10. Las plantas almacenan comida
11. Algunas plantas se reproducen sin semillas
12. Tramas alimenticias
13. Los seres vivos y el medio
14. El hombre y los otros seres vivos
15. Microbios
16. El suelo
17. El agua puede arrastrar el suelo
18. El viento modifica el terreno
19. Cargas eléctricas
20. Los imanes
21. Todas las cosas están hechas de partículas muy pequeñas
22. Las partículas chocan unas con otras
23. Sólidos, líquidos y gases
24. La caja negra

Tercer grado (3°, L.M.)

1. El mundo en que vivimos
2. El movimiento
3. El Sol, la Luna y la Tierra
4. El tiempo pasa
5. Algunas cosas se disuelven en el agua
6. ¿Qué es el suelo?
7. Cómo cuidar el suelo
8. El paisaje cambia
9. Las rocas
10. Los seres vivos reaccionamos
11. Los seres vivos y el medio ambiente
12. En qué nos parecemos los seres vivos
13. Los animales comen y se mueven de un lugar a otro
14. ¿Cómo se alimentan las plantas verdes?
15. ¿Conoces bien tu cuerpo?
16. Los microbios
17. Cómo cuidar tu cuerpo

18. Los imanes
19. Las ondas viajan
20. El sonido
21. La luz
22. Todas las cosas están hechas de partículas muy pequeñas
23. La caja negra

Cuarto grado (4°, L.M.)

1. Cómo estudiamos las cosas
2. Cómo vemos y cómo oímos
3. El calor
4. Cambios de estado
5. Ciclo del agua
6. El tiempo y el clima
7. Cómo usamos los mapas
8. El Sistema Solar
9. Viajes espaciales
10. El movimiento
11. Cambios físicos y cambios químicos
12. La energía
13. El petróleo
14. La agricultura
15. Cómo clasificamos las cosas
16. Los seres vivos
17. Cadenas y tramas alimenticias
18. Cómo funciona tu cuerpo
19. Cómo nos desarrollamos

Quinto grado (5°, L.M.)

1. La diversidad del mundo vivo
2. Una excursión al campo
3. Tramas alimenticias
4. Los seres vivos y el medio
5. La luz
6. El sonido
7. De qué están hechas las cosas
8. Sólidos, líquidos y gases
9. La gravedad
10. El sistema solar
11. El movimiento
12. Electricidad y magnetismo

13. La combustión
14. Las máquinas
15. Cómo se forman las rocas
16. El suelo
17. El agua
18. El mar y sus recursos
19. Nuestro cuerpo
20. Cómo cuidar nuestro cuerpo
21. Por qué nos parecemos a nuestros padres
22. La Tierra cambia
23. Historia de las estrellas

Sexto grado (6°, L.M.)

1. Cómo resolvemos los problemas

2. Comportamiento animal
3. Movimiento
4. La Vía Láctea y el Universo
5. El clima y el tiempo
6. Minería
7. Agricultura y ganadería
8. Ecosistemas
9. Contaminación
10. Conservación
11. Crecimiento
12. Cómo nos desarrollamos
13. Evolución
14. Ciencia y sociedad

INTRODUCCIÓN A LOS LIBROS DEL MAESTRO

Se transcribe íntegra la introducción al Auxiliar Didáctico de 1° grado, y al final, un párrafo de la de 6° grado.

INTRODUCCIÓN

El libro de Ciencias Naturales se presenta al maestro y sus alumnos como una invitación para investigar, para razonar y para participar en el proceso de su elaboración. Todo en él es experimental y podrá mejorarse con la ayuda de niños y maestros.

Los temas incluidos en el libro no constituyen un programa rígido, son sólo la base para las actividades que se desarrollarán en el curso del año de acuerdo con las necesidades y las características de cada región, de cada escuela, de cada maestro y de cada niño.

Lecciones Abiertas.

Todas las lecciones de este libro son «lecciones abiertas»; ninguna termina definitivamente; con cada una de ellas podría seguirse trabajando indefinidamente y todas pueden emplearse como punto de partida para el estudio del lenguaje, las matemáticas, las ciencias sociales, las actividades manuales. Cualquier material para la enseñanza de las ciencias debe estar concebido con base en este criterio de «apertura»: la ciencia es una actividad «abierta» y siempre lo será, pues nuestros conocimientos se renuevan constantemente. Lo que permanece es el método científico. (p. 5)

El Método Científico.

Este libro está estructurado más de acuerdo con el proceder de la ciencia que con la información científica, la cual se adquirirá, de todas maneras, como un producto secundario durante el aprendizaje que llevará al niño al dominio de los métodos. Más productivo que la adquisición de información científica dispersa, es que el niño desarrolle sus habilidades para **observar** (relacionando lo que observe con lo que ya ha observado y planteándose preguntas que hagan más profunda la observación), para **registrar** (comenzando con dibujos y continuando con textos, diagramas y gráficas), para **explicar** (razonamientos que expliquen una observación, que relacionen hechos aparentemente no relacionados, en base a todo lo cual se puedan hacer predicciones), para **consultar** (adquirir información de libros y de otras fuentes según sea necesario en el transcurso de su trabajo), para **experimentar** (planeando experimentos que pongan a prueba las predicciones hechas por las explicaciones propuestas), para **distinguir** (desde la discriminación de propiedades obviamente diferentes hasta la distinción de resultados, de observaciones, de alternativas cuya resolución sea más delicada), y para **enunciar** (formulación clara y precisa del resultado de su trabajo, del principio general puesto en evidencia).

Ideas Generales.

En lugar de paquetes de información, lo que importa es saber manejar unas cuantas ideas generales que de estructura a todas las Ciencias Naturales. En estos libros se han escogido cinco **diversidad** (el universo está formado por una gran variedad de objetos y de sucesos), **interacción** (todos los componentes de un sistema se influyen mutuamente), **cambio** (nada permanece igual, todo está mudando lenta o rápidamente), **unidad** (a pesar de la diversidad, la interacción y el cambio, los mismos principios básicos rigen los sucesos del universo) y el concepto de la **ciencia como fenómeno social** (la ciencia es una actividad de muchas personas que afecta la vida de toda la gente, y es un producto de la estructura social, económica, política y cultural de la comunidad que la practique).

Niveles de Complejidad.

Se ha procurado marchar siempre de lo inmediato a lo mediato, de lo cercano a lo lejano, de lo simple a lo complejo, de lo particular a lo general y de lo concreto a lo abstracto.

Estructura de Cada Unidad de Aprendizaje

A continuación se detalla el papel de las secciones contenidas en cada unidad.

Tema: parte del contenido tratado en la unidad de aprendizaje.

Ideas generales: cómo se utilizan en cada unidad de aprendizaje las ideas de diversidad, interacción, cambio, unidad y la ciencia como fenómeno social.

Objetivos de actividad: cómo pueden desarrollarse en el alumno, dentro de cada unidad, sus habilidades para observar, registrar, explicar, consultar, experimentar, distinguir y enunciar.

Objetivos de conducta: qué modificaciones en la conducta del niño puede uno esperar al finalizar el desarrollo de toda una unidad.

Actividades de aprendizaje: sugerencias sobre cómo desarrollar la unidad. El maestro debe sentirse en la libertad para conducir el aprendizaje como él lo considere conveniente, tomando en cuenta los intereses de los niños. La motivación inicial queda también, por supuesto, en sus manos, y podrá recurrir a las actividades que él escoja. La observación de las ilustraciones contenidas en el libro del niño puede ser una de esas actividades.

Las preguntas que se sugieren no constituyen, de ninguna manera, una lista de preguntas que hay que hacer, son sólo ejemplos que pueden ayudar al maestro para elaborar su propia conducción del aprendizaje. Se destacan en el margen los conceptos básicos que es importante tratar en la unidad. Esta sección contiene experimentos y observaciones denominados Investigaciones; los materiales necesarios y los objetivos perseguidos aparecen destacados al margen.

Actividades complementarias: sugerencias sobre cómo extender el tema a otros asuntos de interés. Además, toda unidad de aprendizaje puede utilizarse para conducir al alumno a temas de lenguaje, matemáticas, ciencias sociales y actividades manuales.

Información para el maestro: información que puede ser de utilidad al maestro para la conducción del aprendizaje. Puede incluir informaciones relativas a la conservación de la salud, que el maestro utilizará según su criterio y las condiciones del medio en que se encuentre.

Es claro que las secciones correspondientes a la Conducción del aprendizaje y a las Actividades complementarias están destinadas a ser empleadas en la clase. Todas las otras secciones son para uso exclusivo del maestro. También es conveniente insistir en que una Unidad de aprendizaje no significa una hora, una sesión antes o después del receso, o un día; el maestro conducirá el aprendizaje considerado en la unidad de acuerdo con los intereses de los niños, por lo que utilizará para ello el tiempo que necesite. En general, cada unidad requiere de más de una sesión para ser desarrollada.

Textos Libres.

Durante todo el curso se sugiere al maestro que los niños registren sus resultados mediante textos libres.

El texto libre es una redacción elaborada libremente por cada uno de los alumnos o por el grupo en su conjunto con la ayuda del maestro. Los alumnos a quienes va dirigido este texto no saben escribir durante los primeros meses del curso; el texto libre puede ser sustituido entonces por una exposición oral libre. Lo importante es que el niño se exprese libremente tomando como tema los hechos de todos los días que más le interesen. En un texto libre nunca hay copia, nunca hay dictado.

En los textos libres de los primeros años el lenguaje es poco claro y con muchas faltas pero su uso y corrección constituyen un instrumento valiosísimo tanto para desarrollar en el niño su habilidad para el registro y la enunciación como para motivar el aprendizaje del lenguaje hablado y escrito.

A través de los textos libres el maestro averiguará qué aprendió en realidad el niño y las dificultades que se presentaron. Es evidente la inutilidad que tienen, en este sentido, los resúmenes dictados por el maestro. En muchas escuelas el texto libre sirve como punto de partida para el trabajo científico. Ahora intentamos utilizarlo para el registro de las experiencias realizadas cuya discusión nos llevará a planear nuevas experiencias.

Todo Maestro Puede Mejorar Este Libro.

Todos los maestros contarán con cuestionarios, uno para cada unidad de aprendizaje, de manera que puedan enviar sus opiniones y sugerencias sobre el contenido de este libro. La información se manejará por procesos de computación electrónica que permitan su utilización efectiva. Así pues, todo libro será siempre de prueba y todo maestro podrá participar en su elaboración.

Tópicos Sobre los que Siempre Hay que Volver.

En todo curso de Ciencias Naturales, de cualquier nivel, hay asuntos sobre los que siempre hay que volver: el método científico, las ideas generales, la conservación de la naturaleza, la participación crítica en los

problemas de la comunidad, la modificación y dominio racional del medio ambiente, la actitud de que el hombre debe estudiar e intentar comprender racionalmente el universo en que vive y del cual forma parte.

Nuestra Responsabilidad

Así pues, dentro de todo este contexto de ideas generales, de métodos y de objetivos, resulta claro que el trabajo escolar no puede estar centrado en los temas y las actividades impuestas prescriptivamente, sino en los intereses que el propio niño manifieste.

Todo maestro que enseña ciencia tiene una grave responsabilidad: preparar a niños alertas que deberán vigilar en el futuro el uso constructivo de los conocimientos científicos, preparar a niños conscientes de que no tienen por qué transformarse en adultos víctimas del medio que los rodea, sino en ciudadanos que conozcan, transformen y dominen este medio (1°, L.M., pp. 5-9.)

La Clase de Ciencias y la Salud Mental

Con frecuencia el niño es advertido amenazadoramente por los adultos acerca de los peligros que le rodean: puede quemarse con el fuego, puede ahogarse en el río, puede ser atropellado por camiones o coches, puede ser mordido por diversos animales. Muchos adultos y algunos medios de comunicación masiva han llenado su vida de explicaciones falsas y aun monstruosas: el trueno es una advertencia para aterrorizarlo, las enfermedades son un castigo, somos vigiados e incluso visitados subrepticamente por seres de otros mundos. Si a esto agregamos las más diversas creencias y supersticiones de que el niño está rodeado todavía, nos daremos cuenta de que el mundo infantil puede en ocasiones parecerse más a una pesadilla que a la imagen, tan ponderada por los adultos, de que la niñez es la primavera de la vida.

Quienes enseñamos ciencias naturales podemos ayudar mucho al niño para que pueda superar todo lo anterior. Nuestros alumnos pueden aprender a emplear sus propios recursos para investigar sobre lo que no saben, sobre lo que les parece misterioso o atemorizante. Se enfrentarán al agua, al fuego, al rayo, al trueno, a las plantas y a los animales como cosas naturales que pueden ser estudiadas y comprendidas. El niño se sentirá así más seguro de sí mismo, sabrá por qué unas cosas pueden hacerse y otras no, y será más capaz para realizar las tareas que la vida va a plantearle o le está planeando ya (6°, L.M., pp. 25-26).

MUESTRAS DE LOS LIBROS DE TEXTO

1. La luz. 1º, Libro del maestro, pp. 50-51.
2. El universo. 2º, Libro del maestro, p. 55.
3. El movimiento. 4º, Libro del alumno, pp. 79-84.
4. El agua. 5º, Libro del maestro, pp. 184-186.
5. Cómo resolvemos los problemas. 6º, Libro del maestro, pp. 27-36.
6. El clima y el tiempo. 6º, Libro del maestro, 61-69.
7. El clima y el tiempo. 6º, Libro del alumno, 50-59.
8. Ciencia y sociedad. 6º, Libro del alumno, 194-195 y 206-207.

Textos libres

Las estrellas son soles

Algunos seres vivos producen luz

- menta?
- ¿Podría haber animales si no hubiera plantas?
 - Si no hubiera plantas ni animales ¿qué comeríamos nosotros?
 - Entonces, ¿podemos vivir sin Sol?
 - Ahora sabemos que el Sol es la fuente de luz, de calor y de vida.

Los niños producirán, con la ayuda de su maestro, textos libres y dibujos en los que recogerán sus impresiones y sus conclusiones.

ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS

Al hablar del Sol como fuente de luz, puede extenderse la lección al conocimiento de que el Sol es una estrella, por lo tanto, las estrellas también son fuentes de luz. No nos alumbran tanto porque están muy lejos de la Tierra, pero son soles también.

La luz que nos envían la Luna y los planetas no es producida por ellos, pues no son cuerpos luminosos sino iluminados; es la luz del Sol la que ellos nos envían reflejada.

Si los niños proponen como fuente de luz a la luciérnaga, cocuyos o gusanitos de luz, peces u otros seres luminosos, con lo cual están en lo cierto, el maestro puede explicar brevemente que así como los animales de sangre caliente estamos desprendiendo calor constantemente, algunos seres vivos emiten pequeñas cantidades de luz.

INFORMACIÓN PARA EL MAESTRO

La luz diurna, la vegetación y la propia vida en la Tierra existen gracias a la luminosidad del Sol. El Sol es la fuente de casi todas las formas de energía que el hombre consume.

En la oscuridad, las plantas no pueden desarrollarse y, por consiguiente, si no hubiera Sol, no habría en la Tierra ni leña, ni turba, ni hulla, ni petróleo, materiales todos de origen vegetal.

Gracias al calor del Sol se evapora el agua de la

superficie de los mares y océanos, y por ello hay nubes, lluvia, ríos y cascadas.

El aire caliente es más ligero que el frío, así que masas de éste bajan mientras las de aquél suben; esto provoca los vientos.

Toda fuente luminosa es también una fuente de calor.

Los alimentos son fuente de energía para nuestro organismo porque han acumulado en forma de energía química la energía luminosa captada por las plantas gracias al proceso de la fotosíntesis.

6

El universo

TEMA

Observemos el cielo.

IDEAS GENERALES

- Diversidad** En el cielo hay varios astros. Podemos ver el Sol, la Luna, estrellas, planetas y satélites artificiales.
- Interacción** La Tierra es miembro de una familia de planetas que giran alrededor del Sol.
- Cambio** La porción iluminada de la Luna (fases) cambia todas las noches.
- Unidad** El Sol es nuestra estrella. Vivimos en un planeta: la Tierra.

OBJETIVOS DE ACTIVIDAD

- Observar** El cielo, iniciando de manera sencilla su estudio sistemático.
- Registrar** Las fases de la Luna.
- Distinguir** Entre varios tipos de astros y entre varios tipos de movimientos de astros tales como la Luna y la Tierra.

OBJETIVOS DE CONDUCTA

Identificar algunos de los componentes del *sistema solar*: la Luna, el Sol y la Tierra. Identificar satélites artificiales. Identificar tres movimientos: la *traslación de la Luna* alrededor de la Tierra, la *rotación de la Tierra* sobre su propio eje, y la *traslación de la Tierra y otros planetas* alrededor del Sol.

ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE

Esta unidad comprende una serie de investigaciones, de actividades y de observaciones cuyo desarrollo tomará varios días. Es conveniente iniciar las actividades de esta unidad durante el mes de octubre, y realizar tantas observaciones nocturnas como sea posible.

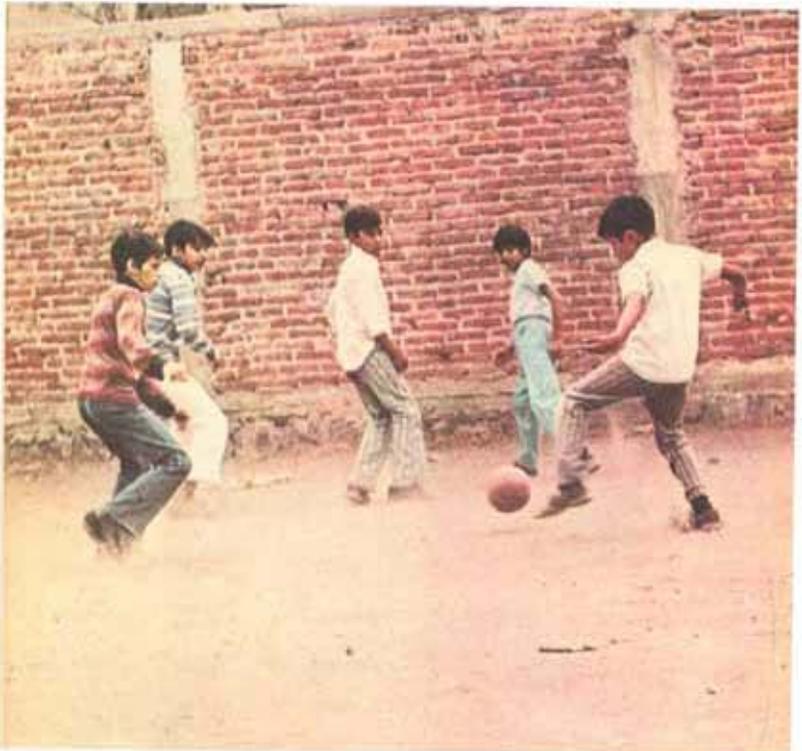
Diferentes fuerzas producen diferentes movimientos.

Investigación 2: Necesitas una pelota para jugar futbol con tus compañeros.

Observe bien cómo le pegas a la pelota. ¿Qué diferencia hay entre la fuerza que necesitas para aventarla lejos y la que necesitas para aventarla cerca?

¿Qué tienes que hacer para que la pelota vava más rápido?

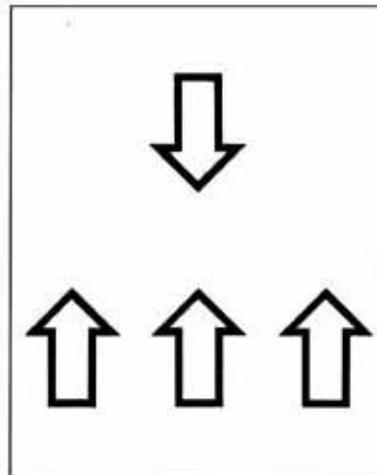
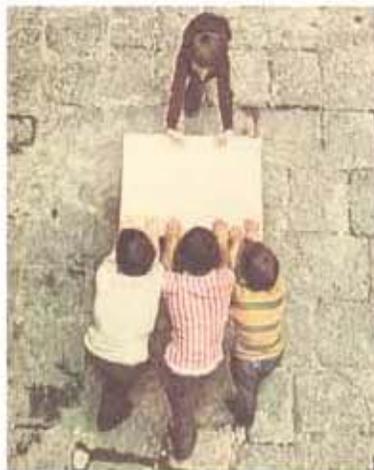
¿Cómo le pegas para mandarla a diferentes lugares?



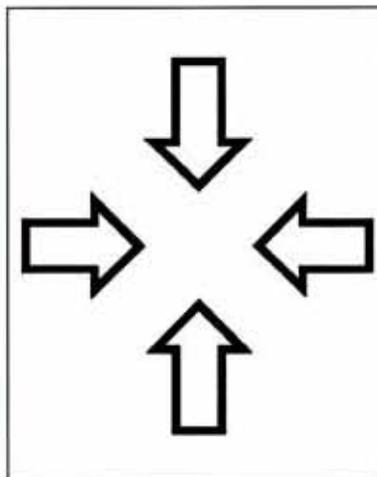
Hay fuerzas grandes y chicas, en diferentes direcciones y además se pueden aplicar en diferentes lugares del objeto. En cada caso el movimiento será diferente.

¿Podrías comprobar si todo esto es cierto jugando con canicas? Fija-te que en este caso vas a usar una canica para empujar a otra.

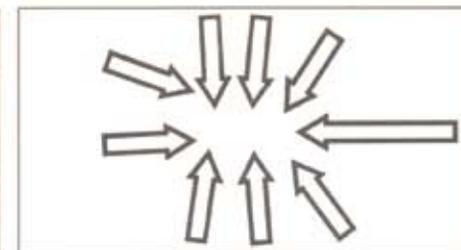
Sobre un cuerpo pueden actuar muchas fuerzas al mismo tiempo.
Investigación 3: Necesitas una mesa, una silla o algún objeto grande que puedas empujar.



¿Qué pasa si un compañero empuja en una dirección y tres en otra?
 ¿Por qué?

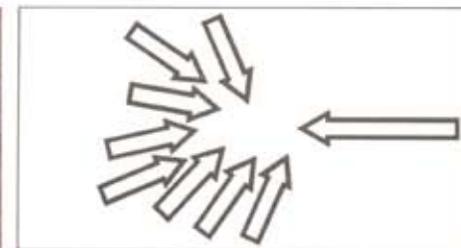


Empuja la mesa con tus compañeros de equipo, pero cada uno por un lado distinto. ¿Qué pasa? ¿Cómo se mueve?



¿Qué ocurriría si cada uno de ustedes y el maestro empujaran en direcciones distintas? ¿Para dónde se movería la mesa?

¿Por qué? ¿Quién empujará con más fuerza?



¿Qué ocurriría si tu maestro empujase por un lado y ocho de ustedes por otro? ¿Quién tendrá más fuerza, tu maestro o tú?

¿Quién tendrá más fuerza, el maestro o ustedes ocho juntos?

¿Qué conclusión sacas de la investigación?



¿Qué pasaría si todos ustedes no empujaran al mismo tiempo?

¿Qué pasa si el maestro no empuja? ¿Qué pasa si alguno de ustedes deja de empujar?

Entonces, ¿qué se necesita para contrarrestar una fuerza más grande?

Lo que acabas de aprender es muy importante porque te da una idea sobre cómo puedes contribuir para cambiar las cosas que te rodean.

Todo lo que hacemos está cambiando las cosas, pero generalmente unos las cambiamos de una manera y otros de otra. Si todos queremos lograr un cambio, tenemos que actuar de una manera organizada.

También los animales se organizan para cambiar las cosas, aunque gran parte de su comportamiento lo realizan sin pensar.

¿Qué tienen que hacer las hormigas para mover una varita demasiado pesada para una de ellas?

¿Qué pasaría si no se organizaran para construir su hormiguero y cada una pusiera una piedra en cualquier lugar?

¿Qué otro ejemplo conoces de organización animal?

Nosotros tenemos que aprender a actuar organizadamente. Pero a diferencia de la hormiga, nosotros tenemos que pensar muy bien lo que vamos a hacer, comenzando por ponernos de acuerdo en si todos tenemos interés en que una cosa cambie. Después hay que planear de qué manera vamos a realizar el cambio que queremos.



Estos pescadores están sacando pescados del mar.

¿Qué pasaría si cada pescador jalara la red en el momento y en la dirección que quisiera?

También otros problemas pueden resolverse mejor cuando estamos bien organizados.

La fuerza de los obreros se utiliza para producir cosas, pero también puede servir para cambiar la situación en la que ellos viven.

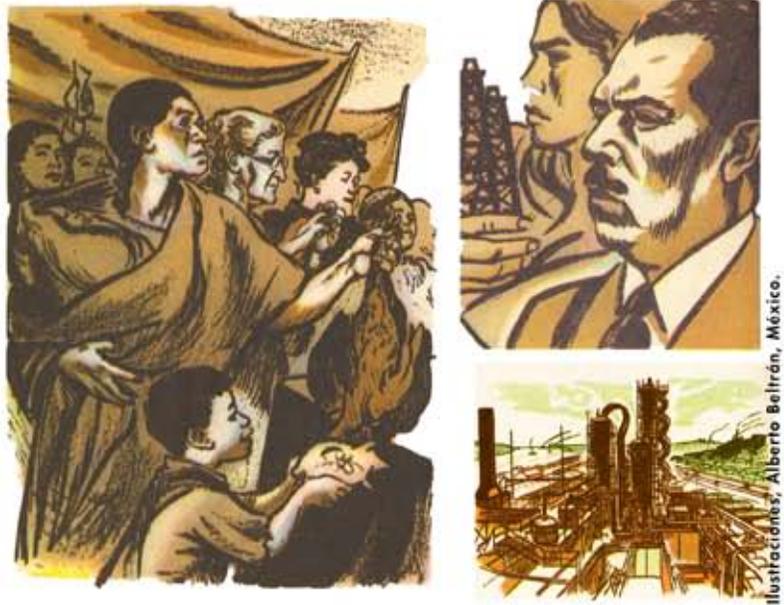


Organizándose pueden obtener una mayor parte de lo que producen con su trabajo, participar en las decisiones que se toman en el lugar donde trabajan y otras cosas.

¿Cuáles son las fuerzas que se oponen a que ellos obtengan las cosas a que tienen derecho? ¿Cómo pueden vencer esas fuerzas?



Muchos campesinos en México tienen un pedazo de tierra muy pequeño. Juntando sus tierras y organizándose para trabajarlas colectivamente pueden enfrentar mejor los gastos y sacar más provecho de ellas. Así también aumentan su fuerza para defenderse de los terratenientes, los caciques y los intermediarios.



Ilustraciones, Alberto Beltrán, México.

En 1938 pudimos expropiar nuestro petróleo en contra de países más poderosos, debido a que se escogió un buen momento y a que a toda la población le interesaba que esto ocurriera. El pueblo mexicano estaba unido y de acuerdo. Los obreros petroleros estaban en huelga en contra de las compañías extranjeras y toda la gente los apoyó. Después, muchísimas personas dieron lo que podían para ayudar a pagar el monto de la expropiación. Para vencer a fuerzas más grandes hay que escoger el momento más adecuado, cuando uno está unido y organizado y el otro tiene tantos problemas que se ve obligado a dividir su fuerza grande en muchas fuerzas chicas, una de las cuales si se puede vencerá. Mientras más grande sea la fuerza que se opone a que las cosas cambien, se necesita más gente que trabaje organizadamente para cambiarlas.

¿Qué cosas hay donde vives que la mayoría de la gente quiere cambiar?

¿Qué pueden hacer para vencer a los que se oponen?

Las fuerzas que mueven a un arado son diferentes a las fuerzas que cambian a un país. Pero, en algunas cosas, esas fuerzas se aprecen.

Periódico mural

El agua y el ambiente.

Se puede elaborar un periódico mural con el título: "por qué no debemos desperdiciar el agua", y realizar conferencias para otros grupos de la escuela con el mismo tema en las que participen los integrantes de uno o varios de los equipos del 5o. año.

Es conveniente hacer una campaña permanente para evitar la contaminación y desperdicio del agua en la zona de influencia de la escuela.

Se puede organizar una discusión sobre la contaminación del agua, sus efectos sobre la salud y sobre el ambiente en general, y formas de combatirla.

Información para el maestro

Propiedades del agua. El agua es una de las sustancias químicas más simples, pero posee características muy peculiares que a veces pasan inadvertidas para nosotros.

Su fórmula, H₂O, significa que cada molécula de ella está formada por dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno.

Es la única sustancia que existe en la Tierra que se presenta al mismo tiempo y en abundancia en tres estados o fases: sólido, líquido y gaseoso.

Es también la única que, cuando se solidifica o congela, se dilata en lugar de contraerse y gracias a ello el hielo flota y es fundido por el calor del Sol en la primavera y el verano; es así como los mares, ríos y lagos no se han convertido en masas sólidas.

Otra característica es que puede almacenar gran cantidad de calor sin que se eleve mucho su temperatura. Esto hace que los mares y lagos ayuden a moderar el clima. Absorben calor en tiempo caluroso y moderan el frío en invierno.

Es un "solvente universal", propiedad muy importante porque quiere decir que disuelve casi cualquier otra sustancia sin reaccionar químicamente, lo cual ayuda a que sirva como medio de transporte para todo tipo de sustancias dentro de los organismos.

Además, el agua tiene una gran cohesión (sus moléculas se adhieren firmemente entre sí) y una gran adhesión (se adhieren firmemente a ciertas

superficies), por ello pueden ascender por conductos muy delgados como los vasos capilares de las plantas.

El agua y la vida. Prácticamente, el agua no tiene valor nutritivo, pero es indispensable para la vida. Absolutamente todos los procesos orgánicos (respiración, digestión, actividades glandulares) ocurren con participación del agua, que constituye el 65% del peso del cuerpo humano. Por esto el hombre puede pasar varias semanas sin comer pero sólo pocos días sin beber agua.

Para las plantas es indispensable porque lleva nutrientes del suelo a las partes en crecimiento; sin ella no habría fotosíntesis (proceso por el cual las plantas convierten al bióxido de carbono y al agua en materia orgánica, gracias a la luz del Sol).

El hecho de que el agua propicie la vida tiene también su lado negativo: en ella pueden proliferar incontables parásitos y bacterias nocivas para el hombre. Las aguas contaminadas pueden producir disentería, cólera, tifoidea y otras enfermedades.

Por eso, cuando no se tiene seguridad de que el agua esté libre de contaminación, lo mejor es hervirla antes de beberla.

Ciclo hidrológico. El agua de la Tierra está en movimiento constante. Se evapora en ríos, mares, lagos, plantas, animales y del suelo mismo; se condensa en forma de lluvia que cae para depositarse en ríos, mares, lagos, etc., o para infiltrarse en el suelo.

La misma cantidad de agua que se evapora se condensa y se precipita en forma de lluvia, nieve o granizo y antes de regresar al mar contribuye al florecimiento de la vida en los continentes.

El agua en la vida cotidiana. Cada hombre consume directamente varios litros de agua al día para asearse, guisar y beber. En forma indirecta la consume también para regar los cultivos de alimentos o en la industria.

México es un lugar de lluvias escasas y mal distribuidas y a esto se agrega el hecho de que muchos ríos están contaminados como el Lerma, el Pánuco, Papaloapan, el Coatzacoalcos y otros.

La escase de agua ha obligado al hombre a tratar de aprovechar el agua de mar por medio de plantas de desalinización, como la recién instalación en Baja California.

En otros sitios, la construcción de presas que regulen el cauce de los ríos ha sido muy necesaria, así como los llamados sistemas de trampas que captan el agua que se evapora del suelo.

También es necesario sembrar nuevas variedades de plantas que consumen menos agua e instalar nuevos sistemas de riego que hagan aprovechar el agua al máximo.

No obstante ser tan importante el agua, el hombre continúa contaminando ríos, lagos y mares con basura y desechos industriales, sustancias químicas y radiactivas que pueden determinar un día no muy lejano, la extinción de muchas especies vegetales, animales y del propio hombre. De hecho, diversas especies animales se han extinguido ya o están por extinguirse por culpa de la contaminación.



1. Cómo resolvemos problemas

Libro del Alumno
página 11

Objetivos de aprendizaje

—Mostrar que existe un método para estudiar los problemas.

—Distinguir cómo cambia un problema cuando cambian las condiciones en las que se da.

—Practicar en la definición de problemas específicos de los niños.

—Seleccionar las maneras de obtener diferentes tipos de información para resolver un problema.

—Comprobar las hipótesis y conclusiones que se obtiene en la resolución de un problema para averiguar si son correctas.

—Aplicar los pasos del método expuesto para resolver problemas específicos.

—Registrar sistemáticamente mediante textos libres y dibujos, las observaciones y conclusiones obtenidas en la lección.

Actividades de aprendizaje

Esta lección pretende mostrar cuál es la utilidad de tener una formación científica en la vida cotidiana. En 4o. año esto se vio a través de un cuento y ahora se trata de ilustrar en un problema cualquiera.

El maestro puede preguntar a los alumnos:

• ¿Cómo han utilizado en su vida lo que han aprendido en Ciencias Naturales?

Dependiendo de las condiciones particulares del lugar donde está la escuela, se pueden hacer preguntas concretas que impliquen una aplicación del conocimiento que el alumno obtuvo en

Siguiendo un método lógico se pueden resolver nuevos problemas que se presenten. Los problemas varían según las condiciones concretas en que se presentan

Libro del Alumno, página 12

Para resolver un problema hay que definirlo, esto es, aclarar qué es lo que se quiere y para qué se quiere

28

la escuela para resolver algunos problemas. Por ejemplo:

- ¿Cómo utilizarían los que aprendieron sobre el suelo si tuvieran que plantar arroz en un terreno arenoso?
- ¿Para qué les serviría lo que estudiaron sobre las máquinas en el caso de tener que mover un objeto que pese 100 kg?
- Al entender cómo dependen unos animales de otros y todos dependemos de las plantas, ¿pueden ver la necesidad de cuidar el medio?

Además de la aplicación que tiene las cosas que enseñan las Ciencias Naturales, es mucho más importante aprender el método por el cual se resuelven los problemas.

Los conocimientos sobre un tema permiten resolver problemas sobre ese tema específico, pero aprender a utilizar un método lógico permite resolver nuevos problemas que se presenten.

El maestro puede explicar que, así como hay problemas que son comunes a toda la gente, hay otros que cambian mucho de persona a persona, dependiendo de la edad, el medio en que se mueve o el trabajo a que se dedica.

- ¿Te preocupan a ti las mismas cosas que preocupan a tus padres?
- ¿Tienen los mismos problemas un obrero que un campesino o que un minero?
- ¿Tendrá los mismos problemas para ir a la escuela un niño de la ciudad que uno del campo?
- ¿Tus amigos tienen algunos problemas semejantes a los tuyos?

Una de las cosas más importantes es poder resolver los problemas que se nos presentan. En esta lección se verá el método que se utiliza en Ciencias Naturales para resolver problemas. Se debe indicar a los alumnos que traten de fijarse en los pasos que se siguen para que luego los puedan utilizar al resolver sus problemas.

El primer paso para resolver un problema es *definirlo* bien. Aquí el maestro puede hacer referencia a que muchas veces lo que pensamos que es un problema no es uno solo sino un conjunto de problemas menores. Para resolverlo hay que tratar de buscar soluciones a cada uno de los problemas menores.

Obtención de información para resolver un problema

Consultar

Observar y experimentar

Observar por medio de todos los sentidos que se puedan utilizar

Es conveniente hacer notar que a veces no es fácil definir un problema, pero a medida que reflexionamos y empezamos a trabajar en él lo podemos entender más claramente. El maestro puede preguntar a los alumnos sobre sus problemas y desarrollar la discusión entre ellos para que aprendan a definirlos, o sea, a saber en qué consisten y para qué los quieren resolver.

Después se hará incapié en la necesidad de *obtener información*, sin la cual no se pueden resolver adecuadamente los problemas. El maestro puede dividir los métodos de obtener información en dos:

- a) Aprovechar la información ya existente y que otras gentes han averiguado. Esto se hace *consultando* libros o *discutiendo* con otras personas. Esto es muy importante porque además de que nos ahorra tiempo nos evita cometer los mismos errores que otros cometieron antes y lograron corregir a costa de un determinado esfuerzo.
- b) Investigar directamente para obtener la información. Esto se logra mediante la *observación* y la *experimentación*.

Frecuentemente se confunde la *observación* con la acción de utilizar la vista. Hay que aclarar que *observar* es examinar todo aquello que percibimos a través de nuestros sentidos (olfato, oído, tacto, gusto, vista, equilibrio, etc.). Cuantos más sentidos utilizemos, más completa será nuestra *observación* y más propiedades de los objetos o de las situaciones conoceremos. En la *experimentación* hacemos que alguna cosa interactúe con el objeto o la situación que analizamos, mientras nosotros *observamos* lo que pasa; como en el caso del ejemplo tratado, en el que el agua caliente y el azúcar interactúan con las ciruelas.

Es conveniente que el maestro vaya preguntando a los alumnos sobre ejemplos de *observaciones* y experimentos que hayan hecho dentro y fuera de clase, como:

- ¿Qué hacen para averiguar si una cosa está caliente? ¿Cuál es su textura?
- ¿Cómo determinas qué pasará con un objeto si lo pones en una mesa inclinada?
- ¿Qué necesitas hacer para que una planta crezca bien?

VI-G-CH-2

29

Libro del Alumno, página 13
Libro del Alumno, página 14 División del trabajo
Manejo de la información para obtener conclusiones
Libro del Alumno, página 15
Comprobación en la práctica de

Los alumnos pueden discutir en equipo la pregunta de la página 13, para saber cómo obtener la información que los niños de la historia requieren.

Después se continuará el cuento, para ver cómo hicieron los niños para averiguar lo que necesitaban.

El maestro puede abrir la discusión sobre las ventajas de dividir el trabajo por equipos para que cada uno busque un tipo diferente de información y luego la comunique a los demás equipos.

Al discutir entre todos la información obtenida, el maestro puede hacer hincapié en que para poder llegar a enunciar conclusiones es necesario:

- Asegurar que cada información sea correcta.
- Tratar de que ésta sea lo más completa que sea posible (esto es, que abarque todas las posibilidades).
- Ordenar y jerarquizar esa información, es decir considerar primero lo esencial y dejar lo menos importante para el final. Incluso se puede eliminar parte de la información recabada, ya que muchas veces hay detalles que no son muy relevantes y no es necesario tomarlos en cuenta, para simplificar las cosas y evitar confusiones.

En la página 15 se ve cuáles son las conclusiones que cada equipo sacó. Pero estas conclusiones son parciales. se puede preguntar:

- ¿Con las conclusiones que cada equipo sacó por separado, ya podrán saber qué hacer los niños de ese equipo?

Muchas veces se obtienen conclusiones parciales referentes a distintos aspectos de un problema. Sólo podemos llegar a una conclusión final si unimos todas estas conclusiones parciales.

Como se puede ver en este caso, al comparar la conclusión final con la situación real de los niños, éstos encuentran que su problema no está totalmente resuelto. Para adecuarlo más a lo que ellos quieren (tener ciruelas), necesitan seguir investigando.

Es conveniente que el maestro haga ver que después de enunciar una conclusión hay que comprobarla en la práctica, o sea, ver si las cosas.

las conclusiones obtenidas
Cualquier solución a un problema necesita ser revisada para ajustarla a cambios de la situación
Libro del Alumno, página 16

funcionan como lo habíamos previsto. Si no es así, como muchas veces ocurre al primer intento, tenemos que volver a revisar nuestros datos. Si tenemos datos falsos o nos falta información importante, la conclusión puede estar totalmente equivocada. Es fundamental comprobar, porque es la única manera en que podemos saber con certeza si nuestra conclusión es correcta.

Si al comprobar la conclusión los resultados coinciden con lo previsto, podemos decir que hemos solucionado el problema.

A través de ejemplos, el maestro puede hacer ver lo que ahora es la solución para un problema puede no serlo en el futuro, ya que las condiciones pueden cambiar. En este caso necesitamos investigar más, para ajustar la solución a cada cambio de la situación. Por ejemplo: el precio del azúcar puede subir y resultar muy cara el hacer conservas. Puede ser que pongan un mercado más cercano en donde vendan más baratas las ciruelas.

Finalmente, otro aspecto que debe quedar muy claro en los alumnos es que, aunque dos grupos estudien el mismo tema, el objetivo para el que se quiere estudiar el asunto puede ser diferente, y entonces la información que se necesita es distinta, lo mismo que la jerarquización de la información. Un ejemplo de esto es el problema de los niños y del campesino. Ambos casos se refieren a cómo obtener ciruelas; sin embargo, a cada uno le interesa para una cosa diferente. Los niños quieren plantar ciruelas para poder comerlas todo el año. Al campesino le interesa plantarlas para ganar su sustento de la producción de ciruelas. El problema es diferente y la conclusión que sacaron los niños no sirve para el campesino, que tiene que buscar nueva información, como la que se sugiere en la misma página 16.

A manera de síntesis, se puede generalizar el enfoque mencionado que una serie de problemas resueltos satisfactoriamente pueden conducir a la elaboración de un método general de solución de problemas similares (teoría). Pero ésta sólo será válida si es capaz de predecir exitosamente la solución de nuevos problemas. Para comprobar si lo es, se procede a la *experimentación*, esto es, la aplicación de la teoría bajo condiciones controladas.

Libro del Alumno,
página 17

En la investigación 1, los alumnos pueden practicar todo lo aprendido. Es conveniente que se elijan problemas reales que hagan más útil la investigación. Se puede dejar un problema por equipo para que sea más fácil el trabajo. O si después de discutirlo en el grupo se ve que hay un problema principal que es el que más afecta a todos, se puede abordar de la misma manera que la descrita en esta lección.

Actividades complementarias

Si los alumnos viven en el campo podrían tratar de resolver el problema del campesino para ver las diferencias y las dificultades adicionales que pueden encontrar. Si viven en la ciudad, cerca de centros fabriles, podrían abocarse a estudiar, por ejemplo, algún problema de los obreros.

Información para el maestro

El método científico permite explicar de manera objetiva (o sea, de acuerdo con la realidad) los fenómenos que ocurren a nuestro alrededor. También permite resolver muchos problemas, no sólo de tipo científico, sino de muy variada naturaleza; inclusive problemas de la vida ordinaria.

Las siguientes actividades son de fundamental importancia para la utilización del método científico.

Observación. Mediante la observación se puede conocer el fenómeno que se va a estudiar. En la observación se utilizan los sentidos o instrumentos adecuados, así como la capacidad analítica del cerebro para establecer relaciones, plantearse preguntas y en general obtener los datos necesarios para una posible investigación. La observación no sólo se hace al principio del trabajo, sino durante todo el proceso. Para ampliar nuestra información, a veces se recurre también a la experimentación, como se discutirá más adelante.

Los instrumentos permiten ampliar la capacidad de los sentidos. No tienen que ser necesariamente costosos ni complicados. Un simple lápiz o trozo de madera usado como instrumento de medida permite determinar si dos objetos son iguales en tamaño o no.

Definición del problema. Una vez observado el fenómeno se puede plantear el problema en términos concretos, con un objetivo claro y en términos también claros e inequívocos. Usualmente, la definición del problema se hace en forma de pregunta. Por ejemplo: ¿Qué factores influyen principalmente en el aprovechamiento de un alumno? Pero es importante plantearse también *para qué* se quiere resolver el problema, esto es, *qué* objetivo se busca al resolverlo.

Obtener información. Definido el problema, se busca información pertinente para resolverlo. Se pueden consultar libros, revistas, periódicos, informes especiales y en general todo lo que se tenga a mano sobre el tema. También se pueden consultar directamente a instituciones o personas enteradas. La búsqueda de información ahorra mucho tiempo y esfuerzo. Probablemente alguien ya resolvió ese problema y la solución está publicada y ya solamente hay que adaptarla a nuestra situación. O bien, en la información pueden haber datos valiosos que contribuyan a la solución.

Registrar. Durante todo el proceso de investigación es necesario registrar hechos y datos. El registro ayuda a no olvidar detalles importantes. También permite que otras personas puedan repetir la investigación si se interesan en confirmar el resultado. Igualmente, el registro de hechos permite descubrir errores involuntarios. Por último, al dejar constancia escrita se ayuda a otras personas a resolver problemas similares con base en nuestros datos.

El registro no sólo comprende textos escritos sino también gráficas, diagramas, fotografías, grabaciones, películas, dibujos y en general todo aquello que resulte pertinente y que se esté en posibilidades de hacer.

Hipótesis. Una vez que se tiene información suficiente para resolver el problema, es posible formular una hipótesis, o sea un planteamiento que pretende dar una explicación lógica al problema que se trata de solucionar. La hipótesis se formula en términos que no se presten a ambigüedades y a menudo utilizando expresiones como "Si... (se dan tales o cuales condiciones) entonces... (ocurrirá tal o cual cosa)."

Comprobación. Después de que se ha formulado en forma concisa la hipótesis, se pasa a la

fase de comprobación de la misma. la comprobación puede hacerse por dos medios: observación o experimentación.

En la observación, el investigador no influye sobre los fenómenos. Simplemente toma nota de ellos. Así, para verificar observacionalmente una hipótesis, el investigador observa el mayor número posible de fenómenos en que se den las condiciones que, según la hipótesis, conducirán a determinado resultado. Si invariablemente esas condiciones provocan el mismo efecto, se podrá concluir que la hipótesis es válida.

En la experimentación, el investigador influye sobre los fenómenos. Ejerce control sobre las condiciones que podrían afectar el resultado y las modifica a voluntad. Las condiciones que se modifican se llaman *variables*. En un experimento sólo debe modificarse una variable a la vez. Si se modifican simultáneamente dos o más, los resultados no serán claros, pues no se sabrá a qué variable se deben los cambios ocurridos. En un experimento también se usan *testigos*, es decir, cosas, plantas, animales, o personas que se encuentran exactamente en las mismas condiciones, excepto por la variable. Por ejemplo, para estudiar la influencia de la luz sobre la germinación de las semillas, se pueden tener dos grupos de semillas, en idénticas condiciones de suelo, humedad, temperatura, etc., pero uno de ellos en la oscuridad y el otro en la luz. En este caso la variable es la luz y el testigo es el grupo de semillas colocado en la oscuridad.

Interpretación. Los resultados observacionales o experimentales deben ser interpretados para determinar si están de acuerdo o no con la hipótesis. Esta es la parte más delicada del método científico, pues muchas veces el investigador se deja influir por su propia hipótesis y subconscientemente interpreta en forma errónea los resultados para apoyarla.

Enunciado y conclusiones. Después de interpretar los resultados, se enuncian de manera clara y concisa y se sacan conclusiones sobre los hechos que se estudiaron.

Es muy importante no confiar en los datos si la primera vez resultaron de acuerdo con la hipótesis. Es necesario repetir los experimentos u observaciones para cerciorarse de que siempre los resultados son iguales.

Los pasos señalados no se distinguen necesariamente en ese orden. Tampoco en todos los casos se siguen todos. A menudo, la solución al problema se encuentra en la información bibliográfica y no es necesario observar directamente ni experimentar. Sin embargo, debe quedar claro que el método científico consiste en la sistematización de: observación, creación de hipótesis y comprobación.

También es importante señalar que, en el proceso mismo de estudio de un problema, podemos darnos cuenta de que estaba mal planteado o aparecer otro u otros problemas: llegamos así a un nuevo problema a partir del primero. Esto es lo formal y característico en el desarrollo de una ciencia.

Para efectos de la enseñanza de las Ciencias Naturales en la escuela primaria, estos pasos se han agrupado en siete, tal y como han aparecido en los libros de los seis grados y tal como aparecen en la introducción de este libro (**observar, registrar, explicar, consultar, experimentar, distinguir, enunciar**). Tales pasos corresponden a otras tantas habilidades de gran importancia para estar en condiciones de aplicar correctamente el método científico. Un método lógico puede aplicarse a muchas situaciones de la vida diaria. Una persona que desea comprar un automóvil usado, por ejemplo, puede proceder de la siguiente manera: en primer lugar, determinar cuáles son sus necesidades, tomando en cuenta, por ejemplo, el número de personas que habitualmente viajarán en el automóvil, si lo destinará a recorridos cortos en la ciudad o a largos viajes en carretera o si lo empleará en el transporte de herramientas y materiales de trabajo voluminoso, etc. Definido así el problema, podrá determinar si le conviene un automóvil grande o pequeño, de dos o cuatro puertas, con portaequipajes amplio o reducido, etc. Examinando automóviles de ese tipo sabrá si corresponde a sus necesidades. Después, antes de comprar, podrá informarse sobre los precios habituales de los vehículos del tipo y modelo que haya escogido, a fin de saber si el vendedor le ha fijado un precio razonable. Igualmente deberá informarse sobre los detalles que hay que observar para determinar el estado del automóvil, como señales de oxidación, desgaste

anormal de las llantas, ruidos extraños, diferencias en el color de la pintura y otros.

Otro caso de aplicación de un método podría ser el de un pescador que registre sistemáticamente el volumen de sus capturas, el lugar en que las hace, la fecha, la temperatura y transparencia del agua, las condiciones de nublados y viento, la hora del día y otros detalles similares. Al cabo de cierto tiempo, el análisis de sus registros le permitirá predecir en qué zonas, a qué hora, en qué época, en qué condiciones meteorológicas y en qué condiciones del agua tiene mayores probabilidades de lograr abundante pesca.

5.
El clima
y el tiempo



Objetivos de aprendizaje

- Comprobar experimentalmente la fuerza que ejerce la presión atmosférica sobre los cuerpos.
- Distinguir algunos factores que determinan el clima y el tiempo de un lugar.
- Distinguir entre clima y tiempo.
- Comprobar experimentalmente la formación de corrientes de aire.
- Medir algunas características del clima con aparatos construidos durante el desarrollo de la lección.
- Registrar sistemáticamente, mediante textos libres y dibujos, las observaciones y conclusiones obtenidas en la lección.

Actividades de aprendizaje

El maestro puede iniciar la lección discutiendo con los alumnos la historia del alcalde alemán que se encuentra en la página 50. Puede mencionar que este acontecimiento fue famoso en su tiempo y que fue discutido por mucha gente en diversos países de Europa. El grabado de la misma página 50 fue hecho por un artista de la época para mostrar cómo se realizó el experimento a la gente que no pudo asistir. Abajo se ven los caballos jalando la esfera y arriba se muestra cómo se construyeron los hemisferios y cómo se sacó el aire de ellos.

La Investigación 1, página 51, es interesante para los alumnos por su semejanza con lo que

Libro del Alumno,
página 50

Libro del Alumno,
página 51

61

Libro del Alumno,
página 52

La presión del
aire se ejerce
en todas
direcciones

Investigación
adicional sobre
la presión
del aire

Material por
equipo: un
recipiente, agua
y un popote

hizo el alcalde, pero hay que hacerla muy cuidadosamente para que salga bien.

Los bordes de los vasos tienen que juntarse de tal manera que no entre el aire. La investigación no presenta dificultad si se pueden conseguir dos vasos chicos de plástico como aquellos en los que se venden helados o dos vasos de plástico como los que se usan para servir bebidas calientes. Si no es posible conseguir vasos adecuados, se sugiere sustituir esta investigación por la alternativa que está en la página siguiente de este Libro del Maestro.

Mientras se absorbe el aire de los vasos por el popote, es difícil separarlos aún si se los jala. Al dejar de absorber, los vasos quedan juntos hasta unos 30 segundos, dependiendo de los vasos que se usen; después de este tiempo, aun con el popote doblado, el aire vuelve a entrar por los orificios pequeños que hay alrededor del popote, entre los bordes, etc., y los vasos se separan.

La explicación molecular de la presión atmosférica que aparece en la página 52 es muy importante para que los alumnos entiendan el concepto.

Si entienden: 1) que el aire está formado por moléculas, y 2) que las moléculas siempre están en movimiento y que al moverse chocan contra todo lo que tocan en todas direcciones; pueden entonces comprender que la presión del aire se ejerce en todas direcciones.

La siguiente investigación es sencilla y divertida y ayuda a los alumnos a entender mejor este concepto. Se puede hacer además de la Investigación 1 del Libro del alumno o en lugar de ella.

Investigación A: Los alumnos deben meter y sacar el popote del agua y *observar* lo que pasa con el agua dentro del popote.

Ahora deben volver a meter el popote al agua, taparlo con el dedo por el extremo que está fuera del agua y sacarlo.

El maestro puede preguntar:

- ¿Por qué no sale el agua del popote?
- ¿Qué fuerza hace que quede adentro?

Se puede *explicar* que cuando el popote no está tapado la presión del aire que entra en la parte de arriba es igual a la presión del aire que entra por abajo. Se puede recordar a los alumnos que

Dos fuerzas
opuestas de la
misma magnitud
se anulan



cuando hay dos fuerzas opuestas de la misma magnitud ninguna gana. Así, si dos alumnos empujan una mesa con igual fuerza, uno en un sentido y otro en dirección opuesta, la mesa no se mueve. Como la presión del aire es igual en los dos sentidos, ninguna gana. Entonces el agua sale del popote debido a la fuerza de gravedad.

Cuando tapan el popote, ya no entra el aire por arriba. Hay presión atmosférica nada más por abajo. Como el peso del agua es muy poco, la presión atmosférica le gana y no sale el agua.

Ahora el maestro puede discutir con los alumnos el contenido de los primeros tres párrafos de la página 53, asegurándose de que los alumnos entiendan la diferencia entre clima y tiempo. Si no, puede hacer más preguntas para aclarar las diferencias. Por ejemplo:

- ¿Cómo es el clima donde vivimos?
- ¿Cuándo es la época de lluvias?
- Y el tiempo, ¿cómo cambia de un día a otro?

El maestro puede ahora relacionar la presión del aire con el viento y las corrientes de aire, aprovechando la Investigación 2, de la misma página 53.

Investigación 2,
Libro del Alumno,
página 53

Libro del Alumno
páginas 54 y 55
Las corrientes
de aire en la
naturaleza

Libro del Alumno,
páginas 56 y 57
La humedad

Aparatos para
medir el tiempo
Libro del Alumno,
páginas 58 y 59

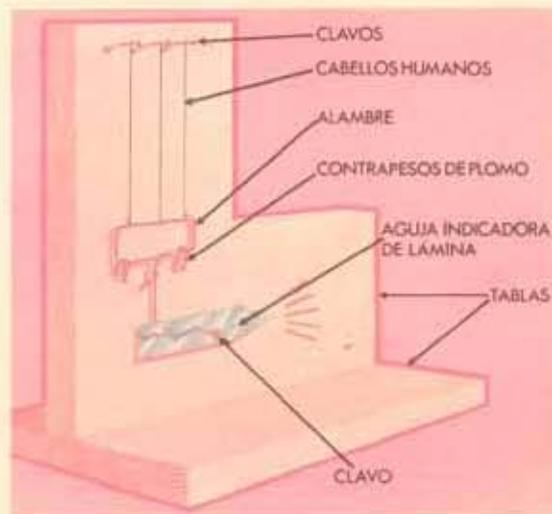
Material por
equipo: tres
cabellos
humanos, tres
clavos, dos
contrapesos de
plomo, uno
más pesado
que el otro,
una aguja
indicadora, dos
rectángulos de
madera, un
alambre

En las páginas 54 y 55 pueden aplicar lo aprendido a lo que ocurre en la naturaleza. En el ejemplo de los vientos que soplan a la orilla del mar se les puede explicar lo que pasa en el día. Los alumnos deben poder deducir que en la noche la tierra se enfría más fácilmente que el mar. Así el aire más caliente que se encuentra sobre el mar sube y el aire más frío que está sobre la tierra se dirige hacia el mar. De modo que los vientos de la noche en la orilla del mar soplan de la tierra hacia el mar.

La mayoría de la información de las páginas 56 y 57 sobre la humedad es un repaso de años anteriores para que se pueda relacionar la humedad con la temperatura, los vientos y la presión como características del tiempo y del clima.

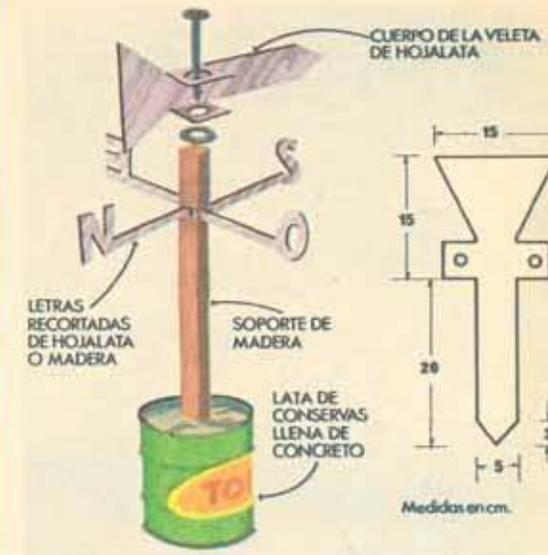
En seguida se dan indicaciones de cómo construir algunos aparatos para estudiar el tiempo. Se sugiere que se usen sistemáticamente durante diferentes épocas del año para poder comparar los resultados. También se puede intentar que el grupo se ponga en contacto con otras escuelas de diferentes lugares de la República para intercambiar información sobre el tiempo y relacionarlo con el clima en cada lugar.

Construcción de un higrómetro:



Construcción de una veleta:

Material por
equipo: una
veleta cortada
de hojalata, un
clavo grande,
un clavo un poco
más chico, letras
N, E, S, O
cortadas en
hojalata, un
soporte de
madera, una
lata como de
conservas y
concreto



Primero hay que meter un clavo grande en la flecha. Después se debe sacarlo e introducir en el agujero un clavo más chico y con este clavo juntar la veleta al soporte. Así, la veleta puede dar vueltas fácilmente.

En la construcción de un anemómetro (ver ilustración en la página siguiente), las dos barras deben estar unidas una a otra con clavos pequeños. Como con la veleta, hay que perforar las dos barras con un clavo grande y después unir las al soporte con un clavo más chico, para que las barras puedan dar vueltas fácilmente.

Para construir un termómetro y un pluviómetro véase el Libro del alumno de 4o. año, la Lección 3, "El calor", y la Lección 6, "El tiempo y el clima", respectivamente.

Material por equipo: Vasos de papel, hojalata, un clavo grande, tres clavos chicos, un soporte de madera, una lata como de conservas, concreto y listón de plástico

Construcción de un anemómetro:



Actividades complementarias

Utilizando la Información para el maestro, se puede complementar la lección con varios ejemplos de cómo influyen el viento, la presión, la humedad y la temperatura para determinar el clima y el tiempo en México.

Información para el maestro

En la lección se tratan en detalle los fenómenos físicos que determinan las condiciones del tiempo y el clima. En esta parte, en cambio, se hace especial mención de la manera en que dichos fenómenos actúan sobre el territorio mexicano. El maestro podrá así explicar a sus alumnos que la sucesión cíclica de temporadas de lluvias y de secas, lo mismo que las grandes diferencias climatológicas entre distintas zonas del país, no son obra del azar sino que obedecen a factores naturales perfectamente conocidos y definidos.

En el territorio mexicano se encuentran casi todos los climas conocidos: desde el tropical lluvioso del sudeste hasta el polar de las cimas nevadas de los volcanes. Tan gran diversidad climática se debe principalmente a los siguientes factores: la posición geográfica del país, que está situado en el gran macizo continental de Norteamérica y dividido por el Trópico de Cáncer, lo cual hace que parte de su territorio se encuentre en la zona tropical y parte en la zona templada; la accidentada orografía, que determina grandes variaciones de altitud y afecta el movimiento de las masas de aire; y la existencia de corrientes marinas de diferente temperatura en la proximidad de sus costas.

Lluvias. México es un país de lluvias escasas e irregularmente distribuidas. En términos generales, son muy abundantes en el sudeste —sobre todo en Chiapas— y decrecen gradualmente hacia el noroeste. También varía en distribución a lo largo del año. En la mayor parte del país hay una temporada lluviosa que comienza en junio y termina a mediados de octubre. Esta temporada de lluvias se debe a los cambios en la circulación general de la atmósfera. México recibe la influencia de los llamados vientos alisios. Estos vientos, que se forman debido a las diferencias de presión, soplan regularmente hacia el suroeste, pero en el curso del año se desplaza la zona en la cual se originan. Durante la primavera y el verano, el Sol calienta intensamente la superficie continental. Esto hace que el aire se caliente y eleve, creándose una zona de baja presión. En cambio, el agua del Atlántico se calienta con menos rapidez y por lo tanto trasmite menos calor a la atmósfera. En consecuencia, se forma una zona de alta presión que habitualmente tiene su centro en la región de las islas Azores. De ahí, las masas de aire se mueven hacia la zona de baja presión, es decir, hacia Norteamérica. Son masas de aire caliente, que se cargan de humedad a su paso sobre el océano y la descargan en forma de lluvia al llegar al continente.

Durante el otoño y el invierno ocurre lo contrario. El continente se enfría rápidamente en tanto que el océano conserva su calor por más tiempo. Así, la zona de alta presión se desplaza hacia el Canadá. Los vientos soplan de ahí hacia el suroeste y mueven masas de aire que no cruzan el

mar sino el continente. Por eso llegan a México secos y generalmente fríos. Sólo los vientos que cruzan el golfo de México se cargan de humedad, y provocan las lluvias ligeras que acompañan a los "nortes".

La región noroeste de México recibe masas de aire procedentes también de Canadá y los Estados Unidos que sólo cruzan el macizo continental y por tanto son secas. Por otro lado, la corriente de California, que corre a lo largo de la península de Baja California, es fría y tiene poca evaporación. Por ello la península no recibe suficiente humedad. Ambos factores determinan que en Sonora y la península haya clima desértico. En cambio, la costa del Pacífico, desde el sur de Sinaloa hasta Centroamérica, está influida por una corriente marina de tipo tropical, que es cálida.

Finalmente, debe señalarse que los huracanes o ciclones tropicales, aunque a veces causan grandes daños, aportan copiosas lluvias en gran parte del país.

Los huracanes se forman cuando sobre cierta región del mar reinan cielos despejados durante varios días consecutivos. El Sol calienta intensamente las aguas, éstas a su vez calientan el aire y lo hacen elevarse. Se forma así una zona de baja presión a la cual afluyen masas de aire de los alrededores, que forman vientos alrededor de una zona central conocida como ojo del huracán.

Orografía. Las cordilleras cortan el paso a los vientos cargados de humedad que proceden del mar. Los obligan a elevarse y de este modo se enfrían. Su humedad se condensa por el enfriamiento y por ello descargan su lluvia antes de cruzar las sierras. A ello se debe que llueva mucho más copiosamente en las vertientes de las sierras que dan al mar que en el otro lado de las montañas. Las sierras madres Oriental y Occidental provocan este fenómeno y por ello el altiplano del norte tiene clima desértico.

Pronósticos meteorológicos. Gracias a sus conocimientos sobre la física de la atmósfera, el hombre está en capacidad no sólo de explicar los fenómenos meteorológicos sino también de pronosticarlos. De ello se encargan los servicios meteorológicos. Los pronósticos se basan en los datos que se recogen por medio de instrumentos diversos que miden la evaporación, temperatura, humedad ambiental, presión atmosférica, insolación, etc.

Las observaciones se hacen desde observatorios y estaciones meteorológicas situados en puntos fijos, así como desde buques y aviones. También se utilizan globos con instrumentos para medir las condiciones de la atmósfera a diferentes niveles, y satélites artificiales para hacer observaciones y mediciones desde el espacio exterior. Los servicios meteorológicos de todo el mundo intercambian sus datos, excepto en tiempos de guerra. Con todos estos datos, los meteorólogos pueden pronosticar cómo evolucionarán las condiciones del tiempo en las próximas horas o los próximos días.

Aunque se hacen muchas bromas sobre los pronósticos meteorológicos, la realidad es que entre el 70 y el 80% son acertados. Esto permite realizar con seguridad infinidad de actividades humanas: lo mismo vuelos aéreos o travesías marítimas que obras de construcción en las cuales la lluvia causaría serios trastornos, como el colado de grandes estructuras de concreto.

Debe subrayarse que el clima no es inmutable. A lo largo del tiempo ha sufrido grandes alteraciones debidas a fenómenos aún no bien conocidos que ocasionaron cambios en las corrientes marinas, la circulación de la atmósfera, la insolación y otros factores.

En pequeña escala, la actividad humana influye también sobre el clima. Estudios recientes han revelado cambios en el clima de regiones donde se establecieron grandes sistemas de riego. También ha cambiado el clima en las grandes zonas urbanas. En la ciudad de México, por ejemplo, la temperatura media es ligeramente más alta que hace unas décadas, debido a la presencia de cientos de kilómetros cuadrados cubiertos de asfalto y concreto.

También, los meteorólogos están tratando de modificar a voluntad el tiempo y el clima. En México, por ejemplo, se intenta aumentar la cantidad de lluvia en cierta región de la sierra de Puebla, y en la región sudeste del valle de México: en el primer caso, para aumentar las disponibilidades de agua de la hidroeléctrica de Necaxa, y en el segundo para incrementar el caudal de la ciudad de México.



En 1650, el alcalde de un pueblo alemán a quien le gustaba mucho la ciencia, hizo un experimento que observaron todos los ciudadanos. Juntó dos hemisferios metálicos huecos, formando una esfera y por un agujero sacó casi todo el aire que había adentro, tapando rápidamente el agujero.

Dieciséis caballos intentaron separar los hemisferios, pero no pudieron.

Después, el alcalde abrió el agujero para que volviera a entrar el aire. Los hemisferios se separaron inmediatamente.

¿Quieres saber por qué pasó esto?

50



vamos a hacer una investigación semejante a la que hizo el alcalde para entender lo que pasó.

Investigación 1: En un vaso de papel haz un agujero y mete ahí un popote. Tapa los espacios alrededor del popote con pegamento y déjalo secar para que no entre el aire.

Junta por la boca este vaso con otro igual.

Por el popote chupa el aire que está dentro de los vasos. Antes de dejar de chupar, rápidamente aprieta y dobla el popote para que no entre aire.



¿Qué pasa? ¿Puedes separar los vasos fácilmente? ¿En qué se parece este experimento al que hizo el alcalde?

Vamos a ver por qué los vasos del experimento quedan unidos como los hemisferios utilizados por el alcalde.

51

Como recuerdas, todas las cosas están formadas por moléculas. En el aire las moléculas se mueven mucho y chocan con todo lo que tocan. Este empuje de las moléculas del aire al chocar contra algo se llama presión del aire o presión atmosférica.



Cuando juntaste los vasos había aproximadamente igual cantidad de moléculas de aire chocando contra la superficie exterior del vaso como contra la superficie interior. Por eso no pasa nada con los vasos.



Después de que sacaste el aire que estaba dentro de los vasos, la presión del aire afuera de ellos era mucho mayor que la presión del aire adentro. La presión del aire fue tan fuerte sobre la parte exterior de los vasos que permanecieron juntos.



¿Qué pasa cuando desdoblas el papote?

Cuando hay lugares donde el aire tiene diferente presión, el aire se mueve de donde hay más presión a donde hay menos.

Ahora explica qué pasó en el experimento del alcalde.

Los vientos de la Tierra se forman al moverse el aire de los lugares donde hay más presión a los lugares donde hay menos.

La presión del aire, la temperatura, el viento y la humedad son características de la atmósfera. Al saber cómo varían podemos comprender muchas cosas que tienen que ver con el clima y el tiempo.

Acuérdate que llamamos clima a los cambios de las características de la atmósfera que ocurren en una región determinada durante meses o años, y llamamos tiempo a los cambios de estas características que ocurren cada día en cada lugar.

Por ejemplo, en unas zonas de México la época de lluvias es corta y en otras es larga; esto es una característica de su clima. Dentro de cada época de lluvias hay cambios diarios del viento, de la humedad, de la temperatura y de la presión del aire; estos son cambios en el estado del tiempo.

Vamos a ver cómo las diferencias de temperatura dan lugar a diferencias de presión, causando así el viento.

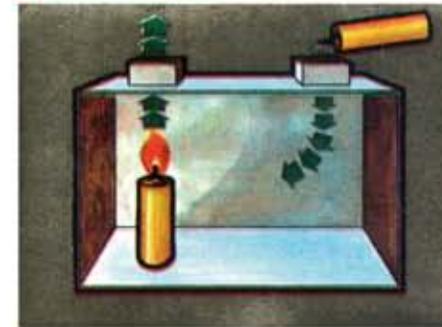
Investigación 2: Sobre la tapa de una caja grande recorta dos agujeros y coloca dentro de ellos dos rollos de papel en forma de chimeneas, como se ve en la ilustración. Mete dentro de la caja, abajo de una de las chimeneas, una vela corta encendida. Arriba de la otra chimenea coloca una vela acabada de apagar.

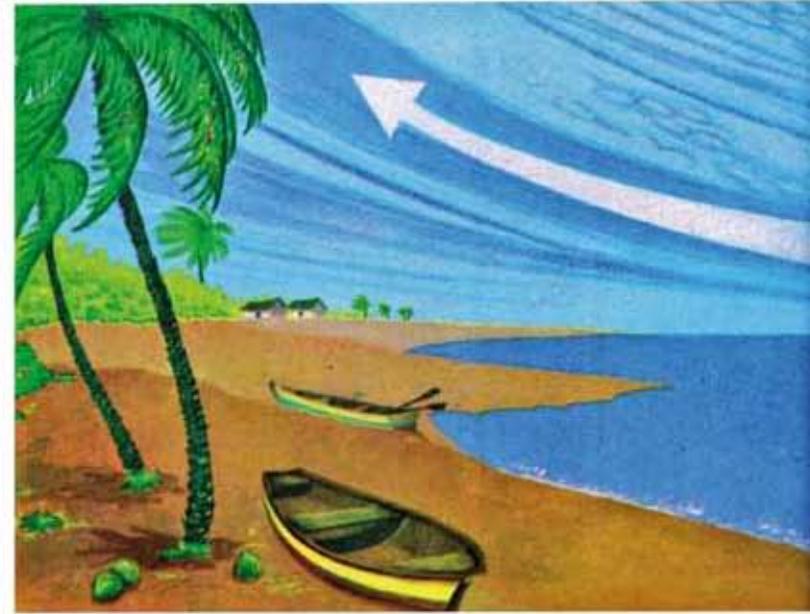


¿Adónde va el humo de la vela encendida?

¿Adónde va el humo de la vela apagada?

Dentro de la caja, la llama de la vela calienta el aire que está arriba de ella. Al calentarse, el aire pesa menos porque sus moléculas se mueven más rápido y se separan. Por eso sube, dejando en la caja un lugar con pocas moléculas, o sea, de baja presión. Como ahora hay poco aire dentro de la caja, el aire de afuera, que tiene más presión, baja y se mete en la caja. Por eso vemos bajar el humo de la vela apagada. Lo que se forma se llama una corriente de aire.





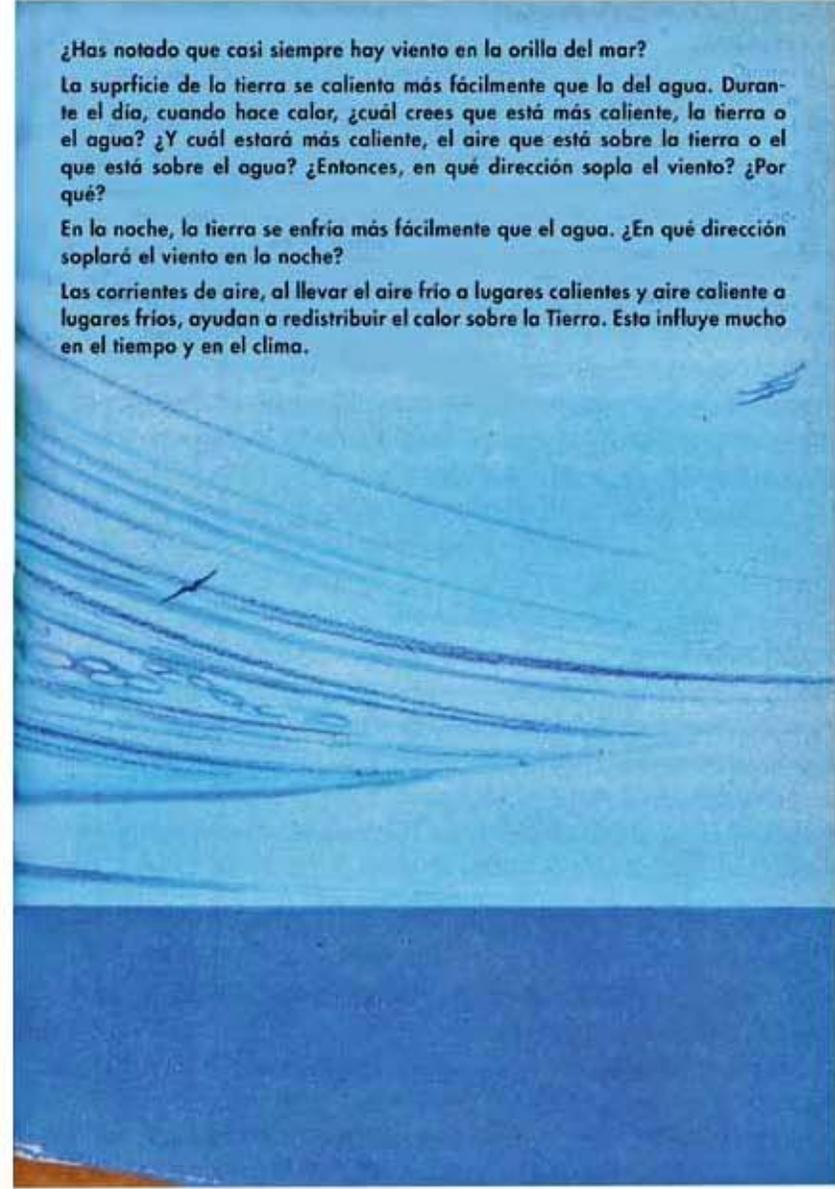
Así como en la Investigación 2, también en la naturaleza las corrientes de aire se forman debido a diferencias de presión y temperatura en el aire.

¿El aire que está sobre los polos estará caliente o frío?

¿Y el que está sobre el Ecuador?

El aire que está sobre el Ecuador sube, por eso el aire frío de los polos se dirige hacia el Ecuador. Al regresar a los polos, el aire del Ecuador se enfría y vuelve a bajar. Como la Tierra gira, estas corrientes de aire son curvas.

Siempre se están formando corrientes de aire, causando vientos que los marineros aprovechaban para sus viajes en barcos de vela.

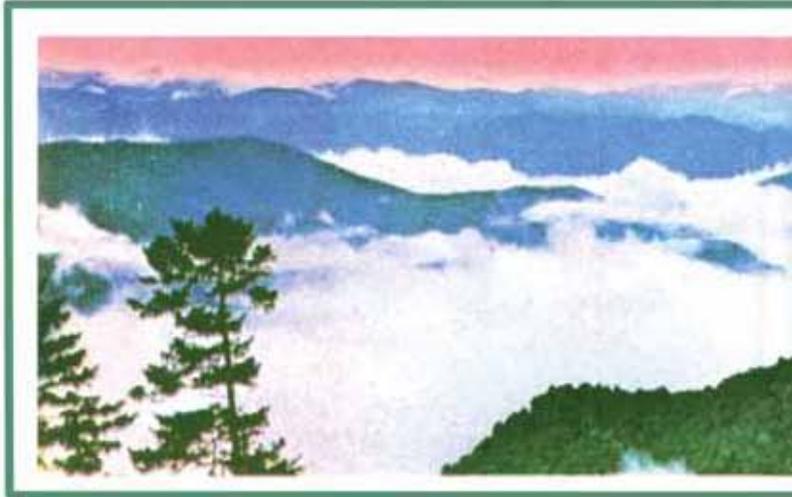


¿Has notado que casi siempre hay viento en la orilla del mar?

La superficie de la tierra se calienta más fácilmente que la del agua. Durante el día, cuando hace calor, ¿cuál crees que está más caliente, la tierra o el agua? ¿Y cuál estará más caliente, el aire que está sobre la tierra o el que está sobre el agua? ¿Entonces, en qué dirección sopla el viento? ¿Por qué?

En la noche, la tierra se enfría más fácilmente que el agua. ¿En qué dirección soplará el viento en la noche?

Las corrientes de aire, al llevar el aire frío a lugares calientes y aire caliente a lugares fríos, ayudan a redistribuir el calor sobre la Tierra. Esta influye mucho en el tiempo y en el clima.



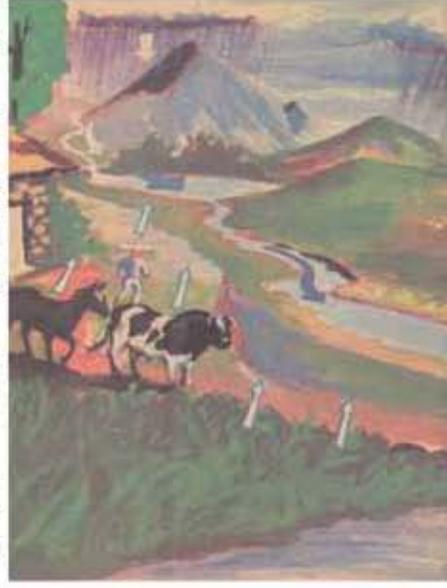
56

También influye mucho en el tiempo y en el clima la cantidad de agua que se encuentra en el aire en forma de vapor. A esto se le llama humedad.

Cuando hace calor, tu sudor se evapora y te sientes menos caliente. De manera semejante, cuando el agua que está sobre la Tierra se evapora, por ejemplo de los mares o de las selvas, se reduce la temperatura de ese lugar. El agua, como el viento, redistribuye el calor sobre la Tierra.

En años anteriores has visto que el agua en la Tierra recorre un ciclo que se llama ciclo hidrológico.

Cuando el aire caliente y húmedo sube, se enfría. Al enfriarse, se condensa, formando las nubes. Si las nubes se enfrían lo suficiente, lloverá, nevará o caerá gránizo.



Cuando el aire se enfría a poca altura, se forman nubes muy cerca de la Tierra. Las llamamos niebla o neblina. Cuando empieza a hacer calor, el agua se vuelve a evaporar y la niebla desaparece.



En la noche, las hojas de las plantas se enfrían. El vapor de agua del aire puede condensarse sobre ellas en forma de pequeñas gotitas. Es el rocío.

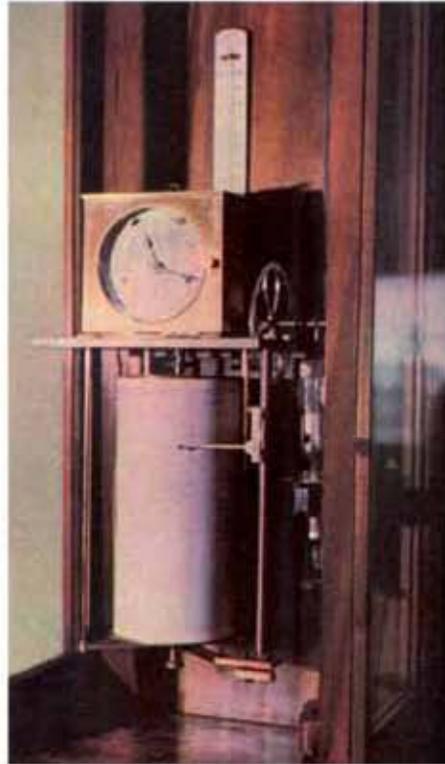
57

Hemos visto que la presión del aire, la temperatura, el viento y la humedad son características del tiempo y del clima. Hay muchos aparatos para medirlas.

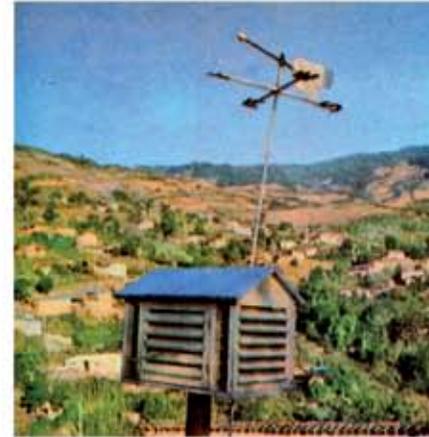


¿Qué medimos con el termómetro?

La presión del aire se mide con un barómetro. Al aumentar la presión del aire sube la columna de mercurio del barómetro.

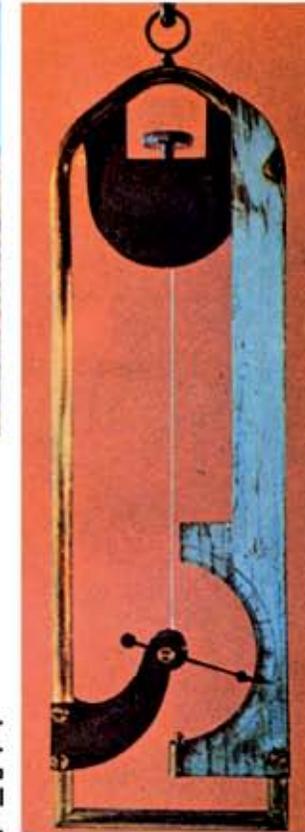


La velocidad del viento se mide con un anemómetro, contando el número de vueltas que da por minuto.



¿Qué otro tipo de veletas has visto?
¿Cómo nos muestra la veleta la dirección en que sopla el viento?

La humedad se mide con un higrómetro. Este aparato se construye con un cabello. El cabello se alarga cuando aumenta la humedad y se encoge cuando el aire está seco.



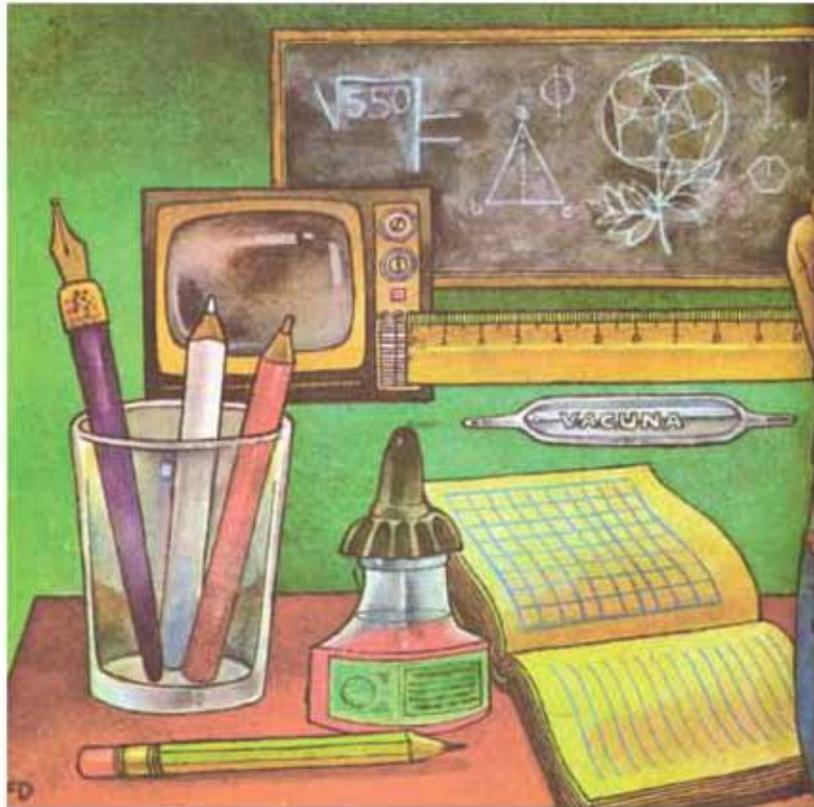
Tu maestro te puede ayudar a construir algunos de estos aparatos.

Con la información que nos dan estos y otros aparatos, se puede predecir el tiempo. Por ejemplo, cuando hay un lugar de baja presión junto a un lugar de alta presión va a haber más viento. ¿Por qué es esto? Si la humedad aumenta mientras la temperatura queda igual o baja, es posible que llueva. ¿Por qué crees que será?

El intercambio de información sobre el tiempo que hace en otros lugares también no ayuda a saber qué tiempo va a hacer en donde vivimos. El saber que hay una masa de aire frío en la dirección en que viene el viento nos permite predecir que va a hacer frío. Los satélites nos mandan fotografías de áreas muy grandes de la Tierra, lo cual también nos ayuda a predecir el tiempo.

¿Cómo podemos aprovechar la predicción del tiempo?

Algunas personas piensan que la ciencia es una actividad a la que se dedican unas cuantas personas, encerradas en sus laboratorios y que sus resultados tienen poco que ver con nuestros problemas de todos los días.



194

Pero, aun tomando en cuenta solamente las cosas que hay en tu salón, ¿cómo crees que se ha llegado a saber cómo hacer lápices, cuadernos, gises y pizarrones?

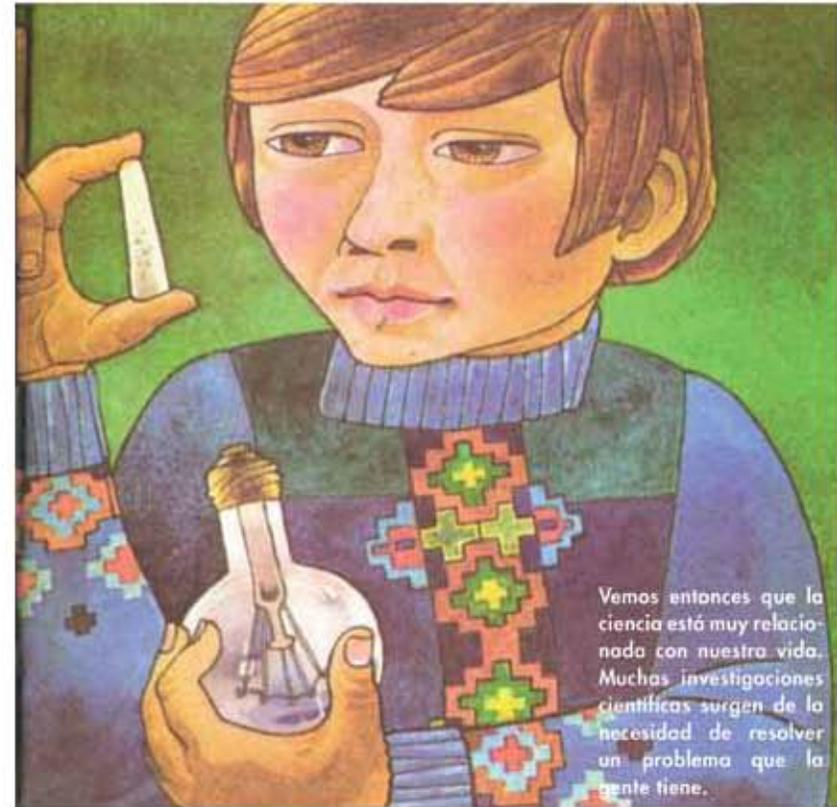
Este libro que estás leyendo ahora, ¿cómo fue hecho?

¿Cómo aprendió el hombre a preparar tintas, a hacer papel, a imprimir libros?

¿Qué diferencias habría en tu vida si no se hubiera descubierto la electricidad?

Piensa en ti mismo: ¿con qué te vistes? ¿Cómo viajas de un lugar a otro? ¿Cómo te enteras de lo que pasa en el mundo? ¿Te han vacunado contra diversas enfermedades?

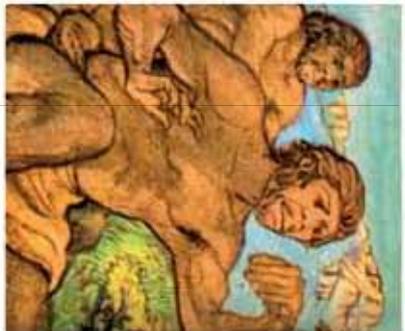
Como puedes ver, para casi todas las cosas que usamos y hacemos, la ciencia ha intervenido de alguna manera.



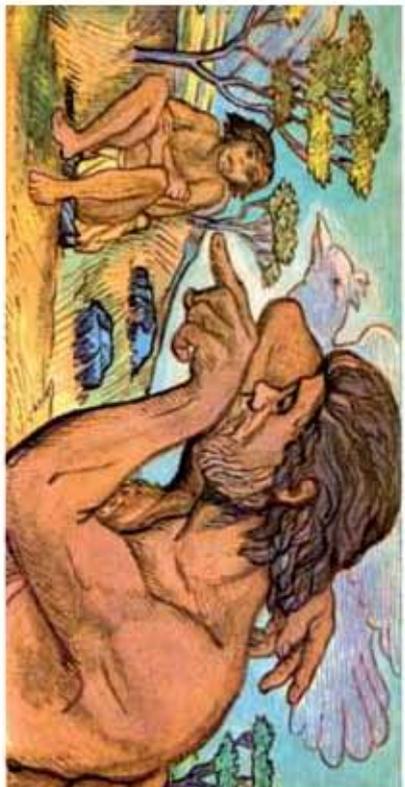
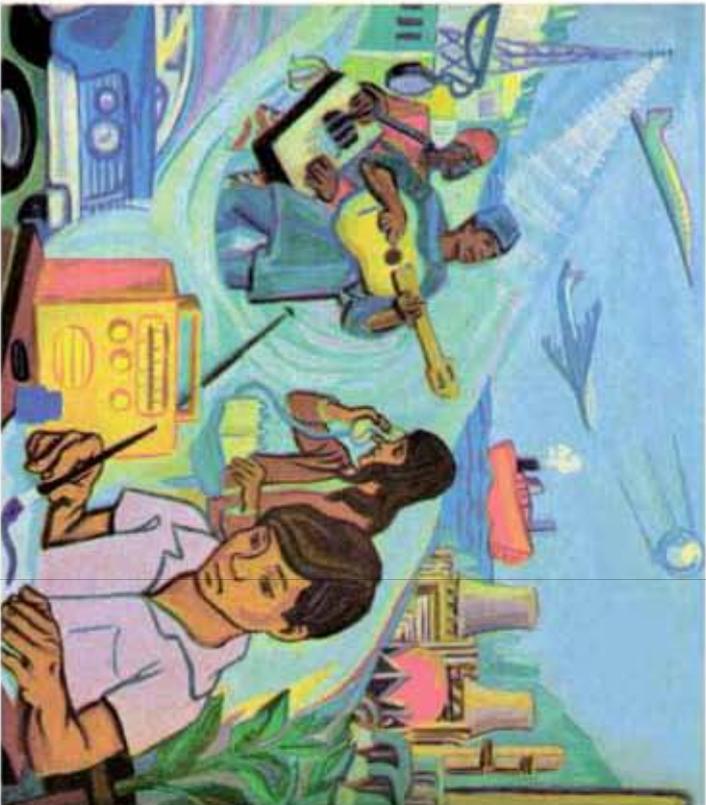
195

Comenzamos esta lección intentando comunicarnos mediante gestos, señas y grito, como lo hacía el hombre primitivo. Ahora contamos con barcos de vapor, ferrocarriles, teléfonos, telegrafos, radio, televisión, aviones, vehículos especiales.

Durante cientos de miles de años la vida del hombre sobre la tierra ha sido semejante a la que ves en esta ilustración.



Todos estos adelantos han ocurrido dentro de los últimos 50 años.



¿Cómo han cambiado la vida del hombre?

Vivimos en una época en que todos los días se descubren cosas nuevas. Antes, frecuentemente pasaban cientos de años entre el descubrimiento de un invento importante y otro.

Como puedes ver, la ciencia ha sido una de las fuerzas más poderosas en la historia de la humanidad. La ciencia ha originado cambios en la manera de ser de la gente, en su manera de pensar, en su modo de actuar.

Muchos de nuestros problemas actuales, como la contaminación ambiental, se deben a inadecuadas aplicaciones de la ciencia; pero estos problemas también se resolverán sólo con la ayuda de la ciencia mismo.

¿ENSEÑAMOS REALMENTE A INVESTIGAR LA NATURALEZA?

A continuación se reproducen las pp. 168-177 del artículo Ana Isabel León y María Solé. (Octubre-diciembre de 1982). *¿Enseñamos realmente a investigar la naturaleza?*, en *Educación. Revista del Consejo Nacional Técnico de la Educación*, 42, 167-186. En ellas, las autoras explican algunos de los problemas de la enseñanza de la ciencia en las escuelas, y para ello ponen como ejemplo experiencias realizadas con niños que ponen en práctica actividades de los libros de texto de Ciencias Naturales entonces vigentes: los de la reforma de los setenta.

¿Contenidos programados lógicamente o enseñanza fragmentada?

La tarea a la que se enfrenta un maestro al impartir sus clases de Ciencias Naturales es lograr que sus alumnos alcancen los objetivos marcados en el programa que le ha sido entregado, con sus propios medios más la ayuda del libro de texto y de las actividades programadas para ello.

Ahora bien, ¿qué criterios rigen en la elaboración de estos programas?, ¿cuál es la concepción del proceso de enseñanza-aprendizaje que los sustenta?

Si tomamos el caso de los libros y programas vigentes en México, vemos que una de las líneas básicas es transmitir algunos conceptos fundamentales actuales de las diferentes ciencias, Física, Química, Biología, etc. Es pues un criterio basado en la importancia de ciertos contenidos para la ciencia correspondiente que va a enseñarse (p. ej. la energía, el átomo, relaciones entre seres vivos y medio ambiente, etc.).

Otra línea es la consideración de la importancia que desde el punto de vista social tienen determinados contenidos (p. ej. suelos, contaminación, petróleo, etc.).

Finalmente estos conocimientos deben estructurarse progresivamente, partiendo de los más simple y cercano hacia lo más complejo y alejado. Es decir, se fraccionan diferentes contenidos y luego se gradúan según su dificultad para decidir en qué momento deberán ser enseñados. Un mismo contenido será transmitido en los diferentes grados escolares, pero cada vez con mayor profundidad y extensión.

Hay un gran olvido en este procedimiento: el alumno y las representaciones que tiene del mundo y en particular de los fenómenos que se tratan en los programas de estudio. Detrás de este proceder hay una determinada concepción del proceso de enseñanza-aprendizaje: el niño es como una materia moldeable en la que sólo hay que imprimir gradualmente los diferentes conocimientos para que poco a poco los vaya integrando. Si conseguimos motivar adecuadamente al alumno y programar lógicamente los contenidos, el problema estará resuelto.

Ahora bien, ¿qué ocurre en realidad, en el mejor de los casos, con un maestro que sigue adecuadamente los programas, que cuenta con el material que allí se requiere y que trata de enseñar lo mejor posible? (No hablemos ya del caso tan común en que el maestro se limita a hacer leer a los niños el libro de texto sin que les dé la oportunidad de realizar los experimentos indicados en él).

Analicemos los resultados de una experiencia sobre la enseñanza de la producción y transmisión

del sonido con niños de 3º. Y 4º grado de una escuela primaria del Distrito Federal. La experiencia consistió en propiciar que los niños realizaran las actividades propuestas en el libro de texto y discutieran sus observaciones y conclusiones.

En el libro se proponen una serie de actividades puntuales tales como producir sonido con una liga, sentir las vibraciones de una regla o alambre entre los dientes, o las vibraciones que se producen en la garganta al gritar; comparar el sonido producido por un lápiz al golpear un globo lleno de aire y otro lleno de agua con el sonido causado al golpear el lápiz sobre una mesa. Los alumnos deben concluir que el sonido es producido por cualquier objeto que vibre, que viaja a través de sólidos, líquidos y gases y que viaja mejor a través de los sólidos, luego los líquidos y, finalmente, de los gases. El alumno debe responder a preguntas tales como: ¿qué pasa cuando hay eco? ¿en qué se parece el eco a lo que ocurre con las ondas en el agua?

Se afirma que el sonido también choca y se refleja. Después de escuchar y comparar el sonido emitido fuera y dentro de una cubeta y luego dentro de la cubeta forrada con un trapo, en el libro se concluye que el sonido viaja, se refleja y se absorbe y que por lo tanto es una onda. (Las ondas son estudiadas en el capítulo que precede al del sonido con las características de viajar, reflejarse y absorberse).

En el 4º grado, después de recordar lo visto en 3er. grado y de construir y utilizar un teléfono con dos tubos de cartón, papel y un hilo, así como un aparato formado de un embudo y una manguerita, se pretende que los niños hagan un paralelismo con el funcionamiento del oído y que por analogía lo entiendan.

Los alumnos de nuestra experiencia realizaron las diferentes actividades antes mencionadas y hubo una discusión final entre los alumnos, donde ponían en común sus observaciones y durante la cual la maestra trató de que los alumnos expresaran todo lo que sabían y pensaban acerca del sonido. He aquí algunas de las explicaciones de los alumnos:

- El sonido es una vibración... (1)
- El sonido viaja mejor por la banca, luego por el globo con agua y luego por el globo con aire... (2)
- No, el sonido viaja mejor por el globo con aire y luego por el globo con agua... (3)
- Cuando hablamos así, sin teléfono, no producimos vibraciones, producimos palabras... (4)
- Producimos vibraciones y palabras, las vibraciones se paran a la salida de la boca... lo que escuchamos son las palabras... (5)
- Las ondas sonoras se paran justo a la salida de la boca; el aire (o el viento) las toma y las lleva hasta nuestros oídos... (6)
- El soplo que sale de la boca junto con las palabras las empuja hasta tu oído... (7)
- Una letra va por un hilo y otra por otro (cuando hablamos por el teléfono)... (8)
- Esto no es posible, habría confusiones; lo que pasa es que una palabra va por un hilo y otra por otro y así las que siguen (contesta otro niño)... (9)

Como veremos, sólo las explicaciones (1) y (2) responderían a lo que el programa y el maestro

esperaban que los alumnos contestaran y comprendieran.

La observación (3) podría interpretarse en el sentido de que los alumnos han experimentado incorrectamente o no han puesto la suficiente atención, y que al repetir el experimento podrían corregir su observación. Sin embargo, los alumnos repitieron el experimento atentamente y siguieron observando en el mismo sentido que la primera vez. Con lo cual podríamos interpretar esta conducta de los alumnos de dos maneras: a) el experimento no es lo suficientemente claro y demostrativo, y b) la observación nunca es neutra; el alumno observa en función de las representaciones o teorías implícitas que posee en ese momento.

Sin negar que pueda ser cierta la hipótesis a), nos parece evidente que las explicaciones (4), (5), (6), (7), (8) y (9) nos inclinan a aceptar la hipótesis b). Los alumnos poseen una serie de representaciones propias acerca del fenómeno del sonido y sobre todo de la palabra y su transmisión, que imprimen cierto sentido a su observación. El alumno obtiene de la observación ciertos datos que pueden ser integrados a sus teorías, pero que no son los que el programa y el maestro pretenden.

Cuando el maestro enfrenta a los alumnos a una serie de actividades para que alcancen ciertos contenidos programáticos, es evidente que los alumnos ponen en juego todos sus conocimientos previos. Ahora bien, como los estudios de J. Piaget y colaboradores han demostrado, el niño ha ido construyendo no sólo todo un sistema de operaciones mentales, sino también una serie de explicaciones y representaciones acerca de los fenómenos del mundo que le rodea. Estas representaciones tienen su coherencia y consistencia: el niño pasa necesariamente por ciertas etapas y sólo poco a poco va modificando sus representaciones a través de múltiples y variadas experiencias.

En los ejemplos que acabamos de citar vemos cómo los alumnos tratan de tomar en cuenta los conocimientos que la escuela les transmite, pero sin poder modificar totalmente, y en el sentido en que la escuela lo desea, sus representaciones iniciales.

En los ejemplos (4) y (5) los niños han sentido las vibraciones de las cuerdas vocales al hablar, y las han relacionado con la vibración observada en una liga, etc. Después de realizada la experiencia, los alumnos piensan que al hablar hay dos tipos de producción que tienen lugar al mismo tiempo: las palabras y las vibraciones. Lo que el alumno percibió de las experiencias realizadas en clase es que los cuerpos al vibrar producen sonido, pero en ningún momento llega a considerar que el sonido (palabras, música, ruidos, etc.) es una vibración y sólo eso, a pesar de que verbalmente algunos niños lleguen a repetirlo (ej. 1). No es posible que con experiencias tan puntuales pueda modificarse una representación que le llevó años al niño construir.

Veamos algunas concepciones del niño pequeño sobre la palabra, el sonido y su transmisión. Un niño de 5 años explica: «ya sé por qué se dice gallina, varias gentes decidieron que se diría gallina y entonces se dijo así»; se le pregunta ¿y antes de que decidieran que se diría gallina, qué pasaba con las gallinas?

«Antes no existían las gallinas, sólo existen desde que decidieron que se llamaría gallina». Por otra parte, si se le pide a un niño pequeño que nos diga una palabra larga dirá «TREN». Como vemos, la palabra para los niños pequeños está íntimamente ligada al objeto, su existencia y sus características.

Los niños hasta los 6 años piensan que los sonidos subsisten en los objetos aunque no se escuchen, como algo material que contiene el objeto. Más adelante consideran que el sonido se dirige directamente al oído para regresar inmediatamente al objeto. Hacia los 9-10 años el niño considera que el sonido parte del objeto en líneas rectas en todas direcciones merced al aire. No es hasta los 11-12 años cuando el niño considera el sonido como un golpeteo que se expande por intermedio del aire, el cual es susceptible de vibrar por sí mismo, y es así como se transmite el sonido.

Nuestros alumnos de 3er. y 4º grado dan todavía cierta materialidad a las palabras (ej. 8 y 9) y consideran que el aire o el sople empuja a las palabras hasta el oído como empujaría a un objeto material liviano (ej. 6 y 7), y esto a pesar de haber realizado las experiencias propuestas en el programa y libro de texto de Ciencias Naturales.

Estos hechos y otros muchos que los maestros observan cotidianamente con sus alumnos nos demuestran que los programas «lógicamente diseñados», sin tener en cuenta ni el nivel de representaciones de los alumnos en los diferentes grados ni los problemas relacionados con la problemática que ellos se plantean, pueden convertirse en un obstáculo más que en una ayuda para que el niño tenga un conocimiento más objetivo de la naturaleza. El niño en su aproximación a la realidad no la fracciona tal como hacen los programas. Cuando el niño elabora una explicación sobre un determinado fenómeno lo hace con base en representaciones anteriores del mismo fenómeno y de aspectos ligados a él (en el ejemplo citado están implicadas, entre otras, representaciones sobre la palabra, el aire, etc.). Si queremos que los alumnos puedan avanzar realmente en su conocimiento de los fenómenos naturales y modificar sus representaciones iniciales, debemos elaborar programas que tengan en cuenta los niveles de representación y los diferentes aspectos en que éstos se apoyan.

¿Enseñanza experimental o repetición de recetas?

Si revisamos los libros y programas modernos utilizados para la enseñanza de las Ciencias Naturales, tanto a nivel de educación primaria como de educación secundaria e incluso a nivel superior, encontramos que, en su mayoría, proponen que los alumnos realicen una serie de «investigaciones» o «prácticas de laboratorio». Sin embargo, incluso cuando los alumnos llevan a cabo las actividades propuestas, los resultados obtenidos no son los que se esperaban: los alumnos no demuestran interés por la materia enseñada; no tienen una actitud científica de cuestionamiento e investigación de la realidad; los avances en la comprensión de los contenidos tratados son muy escasos, los alumnos en el mejor de los casos son capaces de repetir los conceptos enseñados, de utilizarlos para pasar un examen, pero no para resolver cualquier problema de la vida extraescolar en el que estos conceptos estén involucrados.

Si analizamos críticamente nuestra manera de hacer que los alumnos experimenten en las clases de ciencias, quizá encontraremos algunas razones que expliquen los resultados obtenidos con nuestros alumnos.

Desde el inicio de una clase de C.N. el maestro, siguiendo el programa, centra a los alumnos en un problema dado, ya sea haciéndoles leer el libro de texto y las preguntas formuladas por éste, ya sea haciendo él mismo otras preguntas, pero en todos los casos concluye formulando la pregunta «clave» que deberá ser resuelta ya sea mediante la observación, la experimentación, la reflexión o la información bibliográfica. Como vemos, nunca son los alumnos los que postulan las preguntas; no se les da la oportunidad para que formulen los problemas que les preocupan y que tendría interés en resolver. De esta manera, el maestro nunca sabe cuál es la problemática que se están planteando los alumnos, a qué nivel y cómo se la plantean, y por lo tanto, desconoce totalmente los obstáculos que los alumnos tienen que salvar para poder avanzar en el conocimiento de los fenómenos tratados.

Este proceder por parte de los maestros provoca que los alumnos piensen que lo que ellos creen sobre determinado fenómeno está o puede estar equivocado, que las preguntas que ellos se hacen son inadecuadas o poco importantes. A la larga, la preocupación de los alumnos es únicamente contestar «correctamente» las preguntas del profesor o del libro y no el comprender el fenómeno que se está estudiando, ni resolver sus propias dudas. Si bien en la escuela primaria, a pesar de este proceder pedagógico, los niños se cuestionan sobre la naturaleza en su tiempo y actividades extraescolares, a medida que avanzan en su escolaridad esta curiosidad e interés va decreciendo hasta desaparecer totalmente.

Veamos además cómo hacemos «resolver» a nuestros alumnos el problema o la pregunta que previamente les hemos planteado o «llevado a plantearse».

El maestro ha definido el problema y tiene también la manera de resolverlo; se trata únicamente de que los alumnos «participen» y «encuentren» la solución. El maestro entonces no tiene más que indicar el material a utilizar, los pasos a seguir y qué observar; los alumnos siguen esta receta, y deberán concluir lógicamente lo que el maestro y el programa han planeado y llegar así a un nivel superior de conocimiento.

A veces los alumnos, al manipular un material previsto para un experimento determinado, modifican los pasos propuestos por el maestro, haciendo algo totalmente distinto a lo que se les había indicado. El maestro interpreta estas actividades como juego, distracción o pérdida de tiempo por parte de los alumnos. No se da cuenta de que probablemente es en estos momentos cuando los alumnos se han planteado un problema que le es propio (diferente al definido previamente en clase) y sobre el cual están investigando.

En otras ocasiones los alumnos siguen los pasos indicados por el libro o el maestro, pero sus conclusiones son radicalmente diferentes a lo que se esperaba.

Nos parece interesante citar aquí un ejemplo observado en un grupo de niños de 4º grado de primaria.

Los niños quieren realizar el experimento del libro de texto sobre dilatación de gases. En el libro

se dice:

«Necesita un globo, una botella, un recipiente con agua fría y otro con agua caliente. Con la ayuda de tus compañeros de equipo, pon el globo en la boca de la botella». Aparecen a continuación dos fotografías de un envase de refresco dentro de un recipiente y con un globo en la boca de la botella. En la primera fotografía el globo cuelga de la boca desinflado, mientras en la segunda el globo aparece derecho y un poco inflado.

Los niños siguen los pasos propuestos por el libro y realizan el experimento. El globo se infla cuando ponen la botella en el agua caliente.

¿Pero cuál es la interpretación que del fenómeno dan los niños?

Oscar (10 años) dice: «Hice que se inflara el globo con una botella y con agua caliente; le puse un globo en la boca del frasco, lo metí adentro del agua caliente y se infló el globo».

El maestro le pregunta: ¿Por qué se infló el globo?

«Por el agua caliente, por el vapor que lo va inflando».

Maestro: «¿Qué vapor?».

Oscar: «El del agua caliente».

Maestro: «¿El vapor del agua caliente que está fuera de la botella?»

Oscar dice: «Sí».

Ángeles (9 años) añade: «Se calentaba la botella, soltaba como vapor, sudaba, y se inflaba el globo».

El maestro: «¿La botella soltaba vapor?».

Ángeles afirma: «Sí».

Como vemos, ante un fenómeno para el cual los niños no tienen los elementos necesarios para comprenderlo, elaboran sus propias hipótesis explicativas, sin relación alguna con lo que se pretende enseñar. En este caso los niños se explican el fenómeno observado construyendo dos hipótesis diferentes: 1) el agua que está fuera de la botella, se evapora y este vapor penetra en la botella e infla el globo; 2) el frasco suda y produce el vapor que infla el globo.

Estas hipótesis aberrantes a juicio del maestro, responden en realidad a una serie de representaciones y explicaciones que tienen los niños de los aspectos implicados en el fenómeno (indeterminación en cuanto a la materialidad o no de los gases, no existencia del aire en un recipiente «vacío», la imposibilidad de comprender la compresión y de compresión de un gas, etc.), lo cual constituye en ese momento un obstáculo infranqueable para la comprensión del fenómeno de la dilatación de los gases.

Lo que ocurre en nuestras clases de ciencias por regla general no es más que una apariencia de investigación y participación de los alumnos. Los problemas tratados nunca forman parte de la realidad de los alumnos; tampoco se les hace buscar a ellos mismos la manera de resolverlos, ni encontrar los medios más adecuados para ello. Sólo tienen que seguir una receta para llegar a una verdad ya conocida

de antemano. De esta manera enseñamos la ciencia no como un proceso en acción, inacabado, sino como un conjunto de verdades definitivas que hay que transmitir y hacer aceptar.

§



Esta TESIS titulada,
Filosofía y Educación en Ciencia:
La Reforma Curricular de Primaria en México en los Años Setenta
fue escrita por María del Mar Estrada Rebull
para obtener el grado de Maestra en Filosofía de la Ciencia,
por parte del Programa de Maestría y Doctorado en Filosofía de la Ciencia
perteneciente a la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).
Este libro fue impreso en la CDMX
en algún momento del año 2016.