



Revista Colombiana de Filosofía de la
Ciencia

ISSN: 0124-4620

revistafilosofiaciencia@unbosque.edu.co

Universidad El Bosque
Colombia

Eslava, Edgar

Conceptos, pertinencia y acceso: una mirada filosófica a la educación en ciencias
naturales

Revista Colombiana de Filosofía de la Ciencia, vol. 14, núm. 28, enero-junio, 2014, pp. 67
-82

Universidad El Bosque
Bogotá, Colombia

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=41431645004>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica

Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal

Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

CONCEPTOS, PERTINENCIA Y ACCESO: UNA MIRADA FILOSÓFICA A LA EDUCACIÓN EN CIENCIAS NATURALES¹

CONCEPTS, RELEVANCE AND ACCESS: A VIEW FROM THE PHILOSOPHY TO EDUCATION IN NATURAL SCIENCES

Edgar Eslava²

RESUMEN

Alrededor de tres preguntas que encierran diversos aspectos de la formación científica, se ofrece una visión desde la filosofía de la ciencia a los procesos de apropiación, gestión y desarrollo conceptual de las ciencias naturales en el marco de su enseñanza. Las conclusiones y propuestas con que se cierra el documento ofrecen una posibilidad para interpretar los currículos de ciencias a la luz de su impacto y relevancia pedagógica y socio-política.

ABSTRACT

Around three questions that enclose different perspectives of a scientific education, a view from the philosophy of science to the process of appropriation, management and conceptual development of natural sciences it introduced, from the viewpoint of their teaching practices. The conclusions and proposals that close the document bring a new opportunity for interpreting natural science curriculums under the light of their pedagogical and sociopolitical relevance and impact.

1 Recibido: marzo 31 de 2014. Aceptado: mayo 13 de 2014.

2 Universidad El Bosque. Correo electrónico: eslavaee@gmail.com

1. INTRODUCCIÓN

Uno de los aspectos centrales que marca la diferencia entre las aproximaciones clásicas a la filosofía de la ciencia y el momento presente es que la filosofía contemporánea de la ciencia la considera una construcción social antes que tan solo un conjunto de fórmulas y leyes, abstraídas de los procesos que definen sus contenidos, objetivable en el sentido de dejar de lado a los sujetos y concebirlos como meras variables colaterales. Un ejemplo típico de la primera de estas aproximaciones es la postura de Popper, quien propone una clara línea divisoria entre la objetividad de los productos de las ciencias, del conocimiento científico, y la subjetividad característica de los agentes que los producen. Ejemplos de la segunda aproximación son versiones del conocimiento científico, derivadas de autores como Polanyi, Kuhn y Hesse, que reconocen el papel fundamental de los individuos y sus compromisos personales y profesionales como parte constitutiva tanto de la labor científica, como de sus resultados y productos.

Desde esta visión inclusiva en la que la ciencia como acción y la ciencia como producto comparten el escenario, los diversos análisis centran su mirada en los aspectos históricos, metodológicos, formales y prácticos (en el sentido de acciones y compromisos), que si bien permiten dar una imagen más completa, más compleja de la ciencia, dejan aún por fuera algunos elementos que no llegan a interesar demasiado a los epistemólogos y filósofos de la ciencia, a pesar de ser mencionados con alguna frecuencia. Un caso particular resulta ser el de la enseñanza de las ciencias, sobre el que poco se escribe desde una perspectiva filosófica, a pesar de que su importancia dentro del proceso de construcción del conocimiento científico ha venido siendo resaltada desde hace ya varias décadas.

Este artículo presenta tres preguntas fundamentales acerca de las ciencias naturales y su relación con la formación de competencias ciudadanas, formuladas en el marco disciplinar de su enseñanza. Esta discusión, que nos llevará a pensar en la formulación de estrategias concretas para desarrollar planes curriculares que permitan a los estudiantes comprender los alcances, límites y posibilidades tanto del contenido específico de las ciencias naturales como de su impacto social, resulta inaplazable en medio de los debates sobre el tipo de formación que estamos dando a nuestros estudiantes, a los ciudadanos en formación, para encarar un mundo que, inexistente, resultará previsiblemente muy diferente de aquel en el que nosotros, sus maestros, nos formamos en el pasado.

Formar en ciencias es más que enseñar teorías y experimentos a un grupo de estudiantes, más que hablar acerca de la historia de una disciplina y su

impacto en nuestra forma de aproximarnos al mundo, más que reproducir los experimentos hechos por otros, en otro momento, en otro lugar. Formar en ciencias es participar en la construcción de una sociedad que conoce las dinámicas propias de la actividad científica, las acoge como propias y es capaz de juzgar, con razones y argumentos que superan las perspectivas del mero sentido común, sus métodos, logros, resultados y fracasos, ofreciendo en el camino la oportunidad a una nueva generación de ciudadanos de explorar sus intereses y capacidades alrededor de preguntas clásicas y contemporáneas acerca del entorno físico, su estructura y dinámica. El resultado, un ciudadano responsable y conocedor de la ciencia como actividad y como cultura, nos mostrará qué tan fieles hemos sido a nuestro compromiso como educadores.

2. TRES PREGUNTAS SOBRE LAS CIENCIAS

Como se anunció, tres preguntas sirven de guía para la discusión sobre las líneas de trabajo y planes de desarrollo curricular en el área de las ciencias y el soporte que estos ofrecen para la formación de ciudadanos científicamente competentes. La primera pregunta se refiere a los conceptos y la integración conceptual de cada una de las diferentes disciplinas científicas. En la física, por ejemplo, es cada vez más notorio el grado de especialización del conocimiento: mientras que los cosmólogos se preguntan por la plausibilidad del modelo de cuerdas como explicación del surgimiento del espacio y el tiempo, los físicos de materiales trabajan en la construcción de computadores cuánticos, millones de veces más rápidos y eficientes que los actuales. Mientras tanto, muchos otros buscan solucionar problemas referentes a la superconductividad, la dinámica de los sistemas caóticos, el número de familias de partículas elementales o el problema de la medición mecánico-cuántica.

Si, como lo afirma Moulines, el sentido de los términos científicos no puede ser apresado plenamente por quienes desconocen el contexto científico en el que son introducidos, bien pudiese extenderse la situación y afirmar que los términos que surgen en un área particular pueden resultar incomprensibles, o al menos ajenos en su uso, a quienes trabajan en una área diferente, aún dentro de una misma disciplina. Esta especialización de métodos, herramientas, técnicas y operaciones pareciera forzarnos a la conclusión de que la unidad conceptual de una ciencia es un objetivo tan esquivo que bien vale la pena dejarlo de lado para concentrarse en los detalles de los desarrollos puntuales que nos darán resultados más tangibles y prácticos. Sin embargo, aunque esto la aplaza, no responde o anula la pregunta de si es posible lograr la integración conceptual de la física, o de cualquiera otra que sea el caso. A esta cuestión que

involucra los contenidos conceptuales y los métodos experimentales y teóricos de una ciencia la denominaré la pregunta por la *integración conceptual*.

Los intentos por responder este asunto pueden clasificarse en dos categorías elementales: optimismo y pesimismo. Los pesimistas parten de la creencia de que debemos rendirnos ante la inevitabilidad del fraccionamiento de nuestra comprensión del mundo físico y tratar de trabajar desde la obligatoria diversidad que la física, o la química, o la biología, misma nos impone. Los optimistas, por su parte, niegan esta conclusión y se han dado a la tarea de desarrollar programas para reintegrar las diversas subdisciplinas de cada ciencia bajo un marco teórico, metodológico, epistemológico y ontológico común.

Pero aunque las categorías anteriores difieren radicalmente en sus aproximaciones a la pregunta conceptual, vistas con detenimiento parecen compartir un problema común: ninguna de las dos alternativas parece ver en una ciencia más que un mosaico temático y técnico que al integrarse conformaría una imagen más completa del universo que la ofrecida por cada una de sus partes. Sin embargo, este tratamiento del problema deja de lado una de las características fundamentales de las ciencias, su carácter de cosmovisión, el hecho de que, más que ninguna otra disciplina académica, las ciencias naturales son formas de aproximarse al mundo y responder a los retos que nos plantea su comprensión. No teniendo como objetivo el explorar a profundidad todas las consecuencias de las anteriores afirmaciones, me limitaré a señalar una consecuencia de la exposición precedente para una posible respuesta a la pregunta conceptual dentro del marco de las instituciones educativas que incluye en sus planes académicos la formación en ciencias de sus estudiantes.

Dado que la formación en ciencias ha de desarrollarse en torno a los asuntos propios de cada disciplina, integración conceptual incluida, estos deben entenderse como oportunidades para explorar dimensiones de la ciencia que permiten trazar puentes entre las diversas subespecialidades de cada disciplina, para que desde el inicio de su formación los estudiantes reconozcan la importancia de una comunicación abierta entre formas alternativas de comprender y solucionar problemas científicos concretos. Así, además de preguntarse por cuál podría ser la perspectiva de análisis más adecuada para abordar una cuestión particular, surgiría la necesidad de considerarla un problema digno de análisis multidireccional, en el que una mirada integradora beneficie el proceso de generar una solución adecuada. Esta aproximación, como se verá más adelante, permea necesariamente cada una de las etapas de escolarización en donde la educación científica tiene, o puede tener, lugar.

La segunda pregunta refiere a la *pertinencia social* de las ciencias naturales. Más allá de sus problemas conceptuales, es necesario indagar la forma en que

las ciencias naturales, como disciplinas y como conjuntos de conocimientos, y los aprendices de ciencias, como agentes sociales, se integran en el andamiaje social y participan en su desarrollo. En este sentido, L. Olivé afirma que

El concepto de “sociedad del conocimiento” se ha utilizado en tiempos recientes de manera cada vez más generalizada, aunque con múltiples significados, y su uso no deja de ser controvertido. De hecho, el concepto suele despertar desconfianza entre muchas personas, en particular entre quienes son filosóficamente sensibles. ¿Acaso no es el conocimiento indispensable en toda sociedad humana? ¿Acaso puede sobrevivir una persona o una sociedad por cierto tiempo, cualquiera que sea su ambiente, sin ningún tipo de conocimiento? Así, toda sociedad humana es una *sociedad de conocimiento*.

En el contexto de nuestra discusión, la pregunta por la pertinencia social de las ciencias puede formularse así: ¿qué cabida tienen las ciencias en nuestro contexto sociocultural? Una respuesta común es afirmar que su aporte social se encuentra en su impacto tecnológico y en el control que la búsqueda de solución a sus interrogantes nos da del entorno. Esto es, que tal aporte es la materia prima con que se construye el progreso. Sin embargo, esta lectura de las ciencias tiene una larga serie de inconvenientes, dentro de los cuales cabe mencionar la implícita supremacía que parece asignarse a los métodos y resultados de la ciencia sobre los de otras actividades y disciplinas, menos orientadas por ejemplo al control que a la estética o a la reflexión histórica; la idea de que progreso científico y desarrollo social van siempre ligados y son directamente proporcionales entre sí; y la idea de que la ciencia y el progreso solo se pueden dar en sociedades industrializadas, o en las que se entregan a la carrera por su industrialización. El resultado de esta visión es que en un contexto donde el desarrollo científico no es ni significativo ni prioritario, como bien parecen serlo en algunos países latinoamericanos, bien pudiese no darse ningún tipo de desarrollo científico, con su correspondiente contrapartida social, o que en caso de darse nunca podríamos saber qué hacer para lograr que trabajase en la misma dirección.

Podría proponerse como respuesta a esta pregunta por la pertinencia de las ciencias, como ha sido ya sugerido, el intentar repetir el modelo de países con economías más fuertes y con mayor “conciencia científica” que las nuestras. Pero es probable, muy probable si la historia sirve de argumento, que por este camino no logremos avances significativos y que nos convirtamos en tan solo las sombras calladas de quienes marchan frente a nosotros. De otro lado, podemos responder a la pregunta convirtiéndola en un reto, el de promover el avance regional y nacional a partir de la solución de necesidades concretas, haciendo uso de las ciencias como herramienta, no como fin, y haciéndolas

participar del diálogo con los saberes locales. Esta visión pragmática de las ciencias nos permite combinar las respuestas basadas en el conocimiento local con las ofrecidas por los desarrollos de frontera, mientras que nos mantiene alerta para señalar cuando sus intereses se alejan demasiado de nuestros objetivos y necesidades. Así, la pregunta por la pertinencia social de las ciencias se convierte en una por su papel histórico y actual para construir y transformar la sociedad, y por cómo podemos lograr que ella nos ayude a lograr el país que deseamos; un asunto del que solo la falta de conciencia podría hacernos escapar y que, de suyo, involucra un componente educativo para su comprensión y eventual solución.

La última pregunta se refiere al *acceso* a las ciencias, su desarrollo, sus métodos y resultados. Esta bien puede considerarse el puente que une a las dos anteriores, pues implica conexiones entre los elementos conceptuales y de pertinencia social, pero sin olvidar su especificidad: nos remite al cuestionamiento de nuestras prácticas científicas, de nuestros procesos de enseñanza y aprendizaje de las ciencias, y de nuestros mecanismos de divulgación y apropiación del conocimiento científico. Frente al asunto de los mecanismos de divulgación, resulta evidente que nuestra incapacidad para poner la ciencia en términos que permitan su comprensión y apropiación es un claro obstáculo a vencer ya que sin este paso fundamental será imposible entender la necesidad que tenemos de participar en su desarrollo.

De otro lado, al cuestionar los procesos de enseñanza y aprendizaje, es necesario dimensionar el papel de los docentes como forjadores de cultura, no solo de “cultura científica” sino de “cultura” en el más amplio de sus sentidos, en donde el saber científico es uno entre muchos otros tipos de saberes. Si bien es cierto que las ciencias tienen especificidades, métodos establecidos y problemas conceptuales particulares, el papel de los docentes de ciencias no puede limitarse a ayudar a sus estudiantes a resolver problemas tomados de los libros de texto o a comprender y manipular fórmulas para analizar variables y resolver ecuaciones. Educar en ciencias es ayudar a entender el mundo físico, las relaciones entre sus partes y las conexiones que existen entre la labor científica y el resto de actividades sociales.

A pesar de que más un siglo nos separa de Dewey, no podemos más que estar de acuerdo con el filósofo estadounidense cuando afirma que una de las tareas de la educación científica, a la que él refiere como educación tecno-científica, es demostrar las conexiones entre los métodos de las (tecno)ciencias físicas y las demás formas de actividad cognitiva, teniendo en mente la solución de los problemas públicos (Hickman). Lograr que el público se aproxime a las ciencias sin miedo, sin sentir que ellas violentan su contexto o su identidad

y de forma tal que vea en ellas una posibilidad de solución a sus problemas concretos, es un reto nunca fácil de superar, pero afrontarlo resultará ser tan indispensable como enriquecedor.

Quienes forman científicos, docentes de ciencias o ciudadanos científicamente preparados, nunca deben perder de vista que trabajan en la educación de difusores y forjadores de cultura. Y quienes comprendemos la ciencia como fundamental para construir una cosmovisión que nos permita dar sentido al mundo físico, debemos mantener siempre presente que nuestro compromiso es, más que con una disciplina, con una forma de ver el mundo. Esto debe ser claro al momento de asumir nuestra tarea de educadores, desde las aulas o los centros de investigación, al diseñar los programas y proyectos alrededor de los cuales convocamos a nuestros estudiantes a participar en la construcción de una sociedad científicamente competente.

Habiendo planteado las preguntas básicas para el desarrollo de programas de formación en ciencias, pasaré ahora a presentar algunas consecuencias de su inclusión en los planes curriculares en los tres niveles tradicionales de enseñanza: la escuela primaria, la escuela secundaria y la universidad.

3. LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS: OBJETIVOS Y CONTEXTOS

En un documento sobre políticas educativas, la Unesco hace recomendaciones puntuales sobre los “once asuntos emergentes” más significativos para planear políticas educativas en ciencia y tecnología (Fensham). La primera es tener en cuenta, al momento de formular políticas educativas, los propósitos que persigue la educación en ciencia y tecnología en las diferentes etapas de la escolaridad. Esta recomendación apunta a reconocer la necesidad de quienes tienen a su cargo el desarrollo de políticas de educación científica, a su vez, de considerar que la “enseñanza de las ciencias”, como objeto y como estrategia, incluye un amplio espectro de significados en el contexto de las diversas etapas de escolarización. Con este marco de fondo, voy a presentar de manera sucinta lo que considero son los principales objetivos de la formación en ciencias en cada una de las etapas o niveles de escolarización, para de allí proceder a definir algunos los elementos curriculares básicos que permitirán alcanzar las metas esperadas.

La etapa de la formación profesional en ciencias, que comprende los estudios universitarios de pregrado y los diversos estadios posgraduales, busca fundamentalmente recibir y formar a aquellos miembros de la comunidad para quienes las ciencias se presentan como un proyecto de vida. Una primera implicación de este objetivo es que corresponde a las escuelas y facultades de

ciencias garantizar la existencia de una masa crítica de científicos que le permita a la sociedad alcanzar niveles adecuados de desarrollo técnico y conceptual, de tal manera que el análisis y solución de sus problemas acuciantes esté a cargo de profesionales altamente calificados y competentes, con una clara conciencia de las necesidades específicas de desarrollo en sus comunidades y comprometidos con la ejecución de planes concretos de evaluación y solución de problemas locales concretos.

De otra parte, se espera que quienes se forman en las aulas de las facultades de ciencias, más allá de vincularse a redes locales de acción, participen en el desarrollo conceptual de sus disciplinas, integrándose a grupos internacionales de investigadores, de tal forma que, a la par de su crecimiento profesional personal, ayuden a incrementar los niveles de competitividad de las comunidades que invierten en su educación. Dicho en términos más generales, se requiere formar profesionales que conozcan a profundidad los conceptos y problemas fundamentales de su disciplina, es decir, científicos que se reconozcan y trabajen como miembros de una comunidad global de expertos.

Adicionalmente, es necesario que los científicos se entiendan a sí mismos como forjadores de cultura, promotores de maneras particulares de ver el mundo y de aproximarse a la solución de problemas concretos, en muchos casos altamente específicos. Se requiere entonces trabajar para formar científicos consecuentes con su papel de formadores en el conocimiento científico, conscientes de su función social y comprometidos con la tarea de apropiación y uso del conocimiento científico desde una perspectiva crítica, responsable y eficiente.

Así como la formación disciplinar y profesional tiene lugar en el ámbito de las universidades y centros de investigación, en el contexto de la formación de los más jóvenes, el desarrollo de las habilidades fundamentales para explorar el entorno físico de forma sistemática y significativa tiene como lugar emblemático la escuela, tanto primaria como secundaria.

En la escuela secundaria, el objetivo fundamental de la formación científica es garantizar la inclusión del lenguaje, métodos, estructura, conceptos y alcance de las ciencias dentro de una perspectiva multidisciplinaria. Es de su competencia generar un diálogo abierto entre saberes en el que se muestre a la ciencia como una voz dentro de un coro, como una dentro de las múltiples posibilidades de aproximación a la realidad, y de promover entre los estudiantes la necesidad de mantener este diálogo abierto y activo. Desde la perspectiva de los contenidos disciplinares, nada resulta más contraproducente para despertar en los estudiantes el interés por las ciencias que presentarlas como discursos acabados, estáticos, inamovibles. Si como educadores estamos obligados a comprender que durante las edades en que nuestros estudiantes pasan por la escuela secun-

daria se presentan grandes cambios de actitud frente a la tradición y frente a sí mismos, no podemos mantener la idea de que la ciencia es definitiva y no puede ser repensada. Por este camino no solo violentamos el espíritu de la actividad científica, caracterizado por su dinamismo y modificabilidad, sino que crearemos una barrera que, de entrada, se convertirá en uno de los obstáculos que nosotros mismos tendremos que superar durante los años de instrucción en que acompañaremos el crecimiento de nuestros estudiantes.

También debe estar dentro de los objetivos de la educación científica en secundaria el identificar e incentivar a los estudiantes con habilidades científicas y ofrecer alternativas para que exploren sus potencialidades, tanto a nivel formal como práctico, por medio de actividades que, más allá de la mera alfabetización científica, les permitan comprender que la ciencia es una cosmovisión, una forma de aproximarse a los fenómenos cotidianos que está abierta para ser explorada.

En la escuela primaria, la educación en ciencias debe centrarse en permitir a los niños y niñas maravillarse frente al mundo, darse a la tarea de comprenderlo por sí mismos y formular preguntas a partir de su propia realidad. Con demasiada frecuencia la expresión “los niños son investigadores por naturaleza” se usa como motivación para esperar de ellos respuestas que nosotros conocemos de antemano, desperdiciando así valiosas oportunidades para acercarnos a los fenómenos físicos desde la perspectiva de nuestros estudiantes. Los pequeños deben poder participar de actividades donde explorar, manipular y participar sean no tareas asignadas sino necesidades personales. Aproximarse al mundo requiere entrar de lleno en él, verlo como un juego, como una excusa para divertirse, como un campo problemático que permite, impone incluso, el desarrollo de soluciones creativas. Ningún momento es más adecuado que la infancia para ver al mundo desde esta perspectiva. En ningún otro lugar el discurso integrado e integrador del conocimiento científico se desdibuja tan enriquecedoramente como en la escuela primaria; no porque el discurso carezca de significado, sino porque resulta redundante frente a niños y niñas que solo ven al mundo en su natural integralidad. La formación científica de base que nuestros hijos y estudiantes van a poder explotar con mayor eficacia y naturalidad no tiene que ver con aprendizajes memorísticos de nombres o términos, sino con haber participado directamente en actividades en donde los animales son más que fotos en un libro, en que las máquinas que se mueven frente a ellos llevan a cabo acciones reales y en contextos en los que la naturaleza moja, ensucia y divierte.

A fin de dar alcance a la discusión precedente dentro del marco de nuestras tres preguntas guía, pasaré ahora a definir algunos elementos relevantes para lograr diseñar programas de formación en ciencias y en enseñanza de las cien-

cias que respondan a las necesidades de integración conceptual, clarificación de su pertenencia social y ejecución de compromisos sociales en cada uno de los niveles de escolarización.

4. CURRÍCULOS Y PERFILES CIENTÍFICOS

La existencia de programas académicos disciplinares en ciencias en la escuela primaria y secundaria es el resultado de la combinación de un desarrollo histórico, una necesidad social y una decisión institucional. Históricamente, el enorme componente científico que tuvo el desenlace de la Segunda Guerra Mundial motivó a los gobiernos a invertir enormes cantidades de dinero y recursos en la formación de nuevos contingentes de científicos, a fin de mantener y aumentar su capacidad de control político, militar y económico. Si la guerra se ganó desde los laboratorios y centros de desarrollo tecnológico, era de suponer que quien pudiese controlar el conocimiento científico tendría una ventaja comparativa frente a sus rivales y a sus aliados. De allí surgió la necesidad social, propulsada de una parte por la obligatoriedad de hacerse competitivos ante los demás países y de otra por los intereses de desarrollo interno que cada gobierno promueve para sus ciudadanos. El control sobre la naturaleza y las posibilidades casi ilimitadas de diseño y transformación del ambiente que ofrecen las ciencias parecían estar solo al alcance de las sociedades que tomaran la decisión de formar a sus ciudadanos en los aspectos técnicos y pragmáticos de las ciencias. Como resultado de esta necesidad, se incrementó en número de instituciones educativas, de todos los niveles, dedicadas a la enseñanza de las ciencias, lo que posibilitó que muchas instituciones de educación primaria y secundaria definieran sus perspectivas pedagógicas dando énfasis a la formación en ciencias naturales.

El perfil científico de una escuela de primaria y secundaria, como orientación general de sus programas curriculares o como un interés particular por alguna ciencia en especial, puede interpretarse de varias formas. Por una parte, puede significar que sus planes académicos, estructura curricular y proyectos transversales más sobresalientes se definan a partir de las ciencias naturales. En una escuela de este corte, la física, la química y la biología son el centro de la educación; de ellas depende el resto de las asignaturas, y gran parte de la programación académica y curricular gira en torno a eventos, conceptos y prácticas propias de estas ciencias. Esta, podría decirse, es la aproximación a las ciencias como *eje curricular*. Otra posible interpretación es entender las ciencias como *método*, en donde no son sus contenidos ni problemas típicos sino su forma de abordar los problemas los que caracterizan la estructura curri-

cular. En este caso, las instituciones deben ofrecer a la comunidad espacios para la experimentación, para el debate abierto de las ideas tentativas, para la comunicación de resultados y su uso por parte de quienes participaron de su desarrollo y de quienes reciben los resultados como observadores externos al proceso de producción. Una tercera interpretación podría comprender la ciencia como *comunicación*. En una institución con esta aproximación, más importante que los contenidos específicos y que los métodos de indagación es la necesidad de comunicar temas científicos por medio de exhibiciones, espacios y talleres en los que se congregue a gran parte de la comunidad, con la ciencia como tema de reunión.

Juzgar cada uno de estos perfiles científicos institucionales a la luz de las otras alternativas puede ser injusto, ya que una vez definida la perspectiva de interpretación de un modelo las demás pueden no adecuarse a sus necesidades particulares. Sin embargo, una vez determinado el rumbo que cada institución vaya a dar a sus políticas frente a la formación en ciencias de sus estudiantes, se deben tomar decisiones operativas que promuevan sus fines de forma clara y eficiente. Si las ciencias son el eje curricular, los temas incluidos en la programación de cada una de las asignaturas deben organizarse en torno a los elementos formales y de aplicación reciente de la ciencia. Se debe también fortalecer los departamentos de ciencias, apoyando la capacitación de los profesores y asignándoles la responsabilidad de coordinar proyectos interdisciplinarios enmarcados por aproximaciones científicas a la realidad.

Si el horizonte institucional fomenta la ciencia como método, es necesario organizar el currículo a partir de los elementos prácticos de la actividad científica como vía para solucionar problemas específicos, incrementar el número de veces que los estudiantes se ven expuestos a la necesidad de recolectar y sistematizar datos, discutir los resultados y analizar posibles factores de error. Si se decide abordar la ciencia desde la perspectiva de la comunicación, se requiere garantizar la existencia de espacios abiertos al debate e intercambio permanente de ideas, de discusión del impacto social de la actividad científica y de las posibles alternativas para incrementar su efectividad y minimizar los impactos negativos que pueda tener. Por supuesto es posible pensar en combinar dos o más de estas perspectivas, pero esa es una decisión que corresponde a cada institución y que debe abordarse a la luz de sus intereses y posibilidades particulares. A fin y al cabo, no solo de ciencias vive una escuela.

En el caso de la formación científica en la escuela primaria, debe partirse del interés fundamental por garantizar a los estudiantes el contacto directo con la naturaleza y el desarrollo de actividades que despierten su curiosidad activa, esto es, que les invite y permita participar directamente en la defini-

ción y solución de problemas concretos. Los dinosaurios, el sistema solar y las matemáticas computarizadas son grandes temas para atraer la atención de los estudiantes, pero son ejemplos tangibles, como la anatomía de los perros y caballos, la forma y volumen de las aulas del colegio, las veces que una persona se puede reír de un mismo chiste o la altura a la que cada uno puede patear un balón, los que permiten a los niños y niñas involucrarse en actividades para generar preguntas y respuestas, participar en la construcción de conocimiento, que luego podrán usarse como parte de estrategias de generalización y abstracción. La creación de acuarios, bioterios, huertas y parques de diversiones son algunos de los proyectos de aula que pueden emplearse como introducción a la experimentación científica, y que se mantienen cercanos a las posibilidades e intereses, tanto motivacionales como prácticos, de los estudiantes en sus primeros años de escolaridad.

En la escuela secundaria, deben fortalecerse las competencias formales, sociales y lingüísticas alrededor de problemas y temas que promuevan y desarrollen la motivación de los estudiantes. Es necesario usar proyectos de indagación, trabajos sistemáticos centrados en los intereses de los estudiantes, que se constituyan en verdaderas estrategias motivadoras, faciliten la integración de diversas áreas y permitan conjugar varias perspectivas disciplinares en torno a problemas o situaciones singulares. Ejemplos de estas unidades de indagación alrededor de contenidos científicos son el estudio de los grandes mamíferos, el calentamiento global, las migraciones humanas y animales, la estructura y dinámica del sistema solar, que usados como proyectos transversales de integración disciplinar ayudan a establecer conexiones entre las ciencias y otras disciplinas no científicas. Adicionalmente, resulta indispensable presentar los contenidos mismos de forma interesante, como promotores motivacionales del trabajo individual. No es posible invertir todo el tiempo de instrucción en actividades de apoyo; es necesario adentrarse en los detalles técnicos y operativos de algunos temas específicos y explorarlos a profundidad.

Este tipo de trabajo minucioso resulta fundamental no solo para la construcción de competencias disciplinares, sino para despertar el interés por el tipo de trabajo que se lleva a cabo en las ciencias.

Si el interés de la institución gira en torno a los contenidos, estos orientarán la programación y las diversas estrategias curriculares y didácticas. Si el interés son el método y la argumentación científica, entonces el contenido cederá su lugar a los procesos experimentales y los debates en torno a interpretaciones y aplicaciones de los productos de la ciencia. Si el interés está dado por las exhibiciones, entonces los productos mismos y su puesta en común serán el eje motivacional de la programación y la evaluación. Dicho de otra forma,

hay una respuesta curricular posible para cada tipo de interpretación de lo que implica un perfil científico.

En el caso de la formación profesional resulta evidente que a ella le compete plenamente trabajar por responder las preguntas conceptuales de las ciencias. En las universidades y centros de investigación se encuentran el tiempo, la experiencia y los conocimientos necesarios para adelantar las investigaciones conducentes a resolver los problemas abiertos, así como abrir otros nuevos. La respuesta a las preguntas conceptuales no puede delegarse a ninguna otra etapa de la formación académica, pues intentarlo significaría no solo optar por el fracaso, sino violentar la dinámica y objetivos de las etapas anteriores.

En este orden de ideas, las propuestas curriculares de los centros de formación profesional deberán centrarse en los debates sobre los desarrollos contemporáneos, y la formación y posicionamiento de grupos de investigación en los cuales los estudiantes puedan ver representados sus intereses académicos y profesionales, a la vez que integrar la comunidad académica nacional a las redes internacionales de investigación. Es necesario programar asignaturas que impulsen la investigación efectiva y la necesidad de comunicar resultados de forma clara y permanente, sabiendo que aquello que es discusión en un grupo de trabajo debe convertirse en tema de debate ante la comunidad de pares y en divulgación a una sociedad que requiere estar informada de los avances y obstáculos para tomar decisiones a partir del conocimiento, no de la propaganda o la desinformación. Una sociedad con científicos incapaces de comunicar su trabajo, proyectos, resultados y fracasos está condenada a vivir de imaginarios científicos ajenos a su realidad. Si bien existe una ciencia de frontera, es bueno tener presente que hay más de una frontera y que para superarla deben cobrar relevancia tanto los saberes locales como nuestra capacidad para integrarlos en redes de conocimiento más amplias y generales.

Pero aunque la pregunta conceptual es la razón de ser de la formación profesional en ciencias, no es la única cuestión cuya solución debe plantearse en esta etapa. Si se piensa en la educación como una actividad forjadora de cultura, y con la vista puesta en los retos que afrontará el desarrollo del país en las dos próximas décadas, cabe preguntarse qué papel real desempeña la formación científica en la construcción del país. El trabajo en esta dirección incluye dos componentes complementarios: de una parte, se debe hacer uso de los indicadores de ciencia y tecnología para poner en evidencia la necesidad de una política de educación científica acorde con el perfil interno y externo que se desea definir. Esta es, si se quiere, una pregunta política que como tal refiere a la necesidad de educar científicos y técnicos que superen a sus antecesores en cuanto a número, calidad e impacto de sus creaciones. Un país competitivo

requiere científicos comprometidos con el desarrollo de una ciencia propia, acorde con las necesidades específicas del país, antes que con la mera difusión reverente de una ciencia importada.

El segundo componente punta a la pertinencia de la enseñanza de las ciencias y refiere a la posibilidad de entender y hacer uso de la clase de ciencias como un espacio para formar en valores ciudadanos y para integrar ciencia y humanismo. Sin perder de vista el contenido específico al que deben atender un científico o un profesor de ciencias, es necesario tener siempre presente que ninguno de ellos puede escapar al compromiso social de su labor. Las cuestiones acerca de juicios de valor del trabajo y los productos de la ciencia deben ser encaradas con conocimiento y reflexión por parte de los científicos y de quienes los forman, no pospuestas para ser resultas en mesas de negociación políticas sin la presencia de quienes desarrollan nuevas tecnologías, nuevas aproximaciones didácticas a las ciencias y nuevos modelos de mundo. Generar espacios para la discusión en torno a las política y compromisos éticos de la educación científica, consolidar grupos de discusión institucional en el que participen diversos estamento de la universidad y presentar públicamente el resultado de las discusiones son algunas de las dinámicas que promueven este tipo de conciencia desde los primeros encuentros de un estudiante de ciencias con su disciplina.

5. CONCLUSIÓN

Una última reflexión curricular al cierre de esta presentación, dirigida a quienes tiene a su cargo instituciones formadoras de competencias científicas. Es deseable tener claridad acerca de que si bien es necesario que toda la comunidad participe de los proyectos que tiendan a consolidar el perfil científico institucional, no es una buena estrategia que todos hagan de todo, o que un solo individuo se haga cargo de todos los proyectos. Lo primero se convierte en problema porque genera desorden y falta de claridad en las funciones y responsabilidades concretas de cada miembro y estamento de la institución, mientras que lo segundo produce falta de pertenencia y continuidad, y recarga innecesariamente de presión y trabajo a un reducido número de profesores, administradores o directivos.

Una estrategia elemental y en la que toda la comunidad puede mostrar su interés y participación puede resumirse en tres palabras: continuidad, revisión y creatividad. Por continuidad debe entenderse la capacidad institucional de mantener el entusiasmo y el apoyo financiero, académico y operativo a los proyectos en curso. De nada sirve dar inicio a nuevos espacios y proyectos si estos mueren

cada vez que concluye un periodo académico o cada vez que cambian las políticas de asignación presupuestal. Si la comunidad ve crecer y mantenerse a cada uno de sus proyectos, sean estos una huerta, un insectario, un semillero de investigadores, una serie de conferencias institucionales o una nueva propuesta curricular, le será fácil comprenderlos como una de sus partes integrales y darles el apoyo necesario para prosperar. La revisión es importante porque permite no solo corregir los errores y las prácticas poco provechosas sino que da a su vez la oportunidad de reconocer el esfuerzo de quienes han participado en cualquiera de las etapas del proyecto y usar el conocimiento adquirido para proponer o enriquecer otros proyectos institucionales. Por último, la creatividad resulta fundamental para que cada propuesta cobre vida y se mantenga activa. Ideas frescas, posibilidades abiertas, estrategias de integración y formas novedosas de aplicación son el resultado más probable de proyectos que se renuevan periódicamente para incluir aportes pertinentes y originales.

Por supuesto se está tan solo al inicio del camino. Si bien la larga historia de los proyectos institucionales de enseñanza de las ciencias recoge en sus páginas diversos ensayos y propuestas, debemos mantener clara la perspectiva y recordar que toda idea requiere tiempo para madurar. Lo que hoy son pasos iniciales requieren soporte institucional para convertirse en realidad permanente y paciencia para dejar ver sus frutos. El afán por mostrar resultados inmediatos, fáciles de vender pero cuyo sostenimiento en el tiempo es menos que seguro, puede constituirse en una trampa que montamos antes de recorrer el camino que tenemos frente a nosotros.

TRABAJOS CITADOS

- Fensham, Peter. *Science Education Policy-making. Eleven Emerging Issues*. París: Unesco, 2008.
- Hesse, D. *Science and Technology in a Multicultural World: The Cultural Politics of Facts and Artifacts*. Nueva York: Columbia University Press, 1995.
- Hickman, Larry. *Philosophical tools for technological culture: Putting Pragmatism to Work*. Bloomington and Indianapolis: Indiana University Press, 2001.
- Kuhn, T. S. *La estructura de las revoluciones científicas*. México: FCE, 1962.
- Moulines, C. U. "Conceptos teóricos y teorías científicas". *La ciencia: estructura y desarrollo*. Ed. C. U. Moulines. Madrid: Trotta, 1993.
- Olivé, L. *La ciencia y la tecnología en la sociedad del conocimiento. Ética, política y epistemología*. México: FCE, 2007.

Polanyi, M. *Personal Knowledge, Towards a Post-Critical Philosophy of Science*. Chicago: The University of Chicago Press, 1958.

Popper, K. "Epistemology without the knowing subject". *Logic, Methodology, and Philosophy of Science III*. Ed. B. van Rootselaer. Amsterdam: North-Holland, 1968.

—. *Objective Knowledge. An Evolutionary Approach*. Oxford: Claredon Press, 1972.