

¿CUÁL FORMACIÓN
PARA LA CIENCIA
Y LA TECNOLOGÍA?

Jorge Charum

Universidad Nacional de Colombia
Departamento de Matemáticas

I. INTRODUCCIÓN

Una de las características propias de nuestra época contemporánea es la creciente importancia que han llegado a tomar la ciencia y la tecnología en la sociedad. Se las considera como elementos determinantes en el logro de metas sociales, culturales, económicas y políticas¹. Muchos discursos que pretenden orientar las acciones para alcanzar esas metas, presuponen la existencia de una acumulación de conocimientos científicos y una disponibilidad de las potencialidades que les están asociadas: su ordenada movilización según criterios permitiría responder por el alcance de esas metas y por la satisfacción de las necesidades sociales.

Pero ¿es cierto que existe esa acumulación de conocimientos? ¿Dónde se localiza? ¿Está distribuida en toda la sociedad o está concentrada en algunos grupos sociales? ¿Es válida la afirmación sobre su carácter disponible? ¿Cómo se construye esa acumulación y cuáles son las instancias sociales que participan y potencian su construcción? Estas preguntas, que ponen límites a los discursos, quizás demasiado inmediatos y en todo caso muy optimistas, sobre las potencialidades de la ciencia nacional, han mostrado la necesidad de emprender una reflexión sobre las modalidades de construcción de esas capacidades científicas. Es ésta, entonces, una de las tareas

¹ Según esta imagen social de la ciencia, ella es un bien público y se puede ubicar en múltiples contextos en los que sus diferentes resultados llegan a ser socialmente útiles. Así, por ejemplo, sus productos tangibles: artículos, tesis y trabajos de grado, nuevos productos o procedimientos, normas técnicas y socio-técnicas, orientaciones políticas, son útiles para las comunidades de especialistas, el sistema de enseñanza, la industria, en el espacio de las necesidades sociales o en el espacio político. Sus productos intangibles, que corresponden a la integración y generación de diversos saberes implícitos, se constituyen en acumulaciones que, incorporadas individual o colectivamente, permiten potenciar la producción de nuevos resultados. Para una presentación de esta temática, véase (Charum, Parrado: 1995).

que se ha debido abordar dentro del sistema educativo, por cuanto es una de las instancias determinantes de socialización en los principios que regulan la apropiación y la comunicación del conocimiento, de aceptación de los elementos que fundamentan este conocimiento y de integración de las operaciones básicas que permiten elaborar las representaciones de los resultados logrados, para que puedan ser analizados, criticados y movilizados para la producción de nuevos conocimientos o resultados. Estos principios, elementos y operaciones de base se constituyen en condiciones necesarias para la apropiación del conocimiento científico disponible, para la producción y comunicación de los nuevos resultados logrados y permiten la elaboración y realización de proyectos en donde participan cooperativamente diversos tipos de saberes y competencias.

Durante las dos últimas décadas se ha avanzado en la caracterización de las condiciones que permiten producir nuevos conocimientos en el campo de la ciencia y de construir nuevos resultados en el campo de la tecnología. Desde diferentes horizontes teóricos y disciplinarios se han hecho diversos aportes que permiten comprender que la producción conocimientos y la construcción de resultados es un proceso de una gran complejidad en donde se encuentran implicados tanto los propios actores y sus conocimientos, destrezas y habilidades técnicas, los contextos sociales en donde se desarrolla su acción, como los conocimientos implícitos y los aprendizajes logrados en los propios procesos de trabajo. Se rompió así con las perspectivas teóricas que buscaban las condiciones de existencia de la ciencia en un sujeto transcendental o que postulaban normas éticas que regulaban la actividad práctica de los científicos. Estas nuevas orientaciones pusieron en evidencia que, en la producción de resultados, juegan un papel las contribuciones basadas en los conocimientos incorporados en los actores, en las modalidades de movilizarlos y, además, en las acumulaciones logradas, individual y colectivamente, durante los mismos procesos de trabajo debidas a la actividad cooperativa que es propia de toda empresa científica.

Significa lo anterior que se deben considerar no sólo la calidad de la formación individual, sino también los procesos por los que se la adquiere, así como a las posibilidades a que ella da lugar; no sólo a las aptitudes para el trabajo cooperativo sino también a los aprendizajes que de éste resultan; no sólo las actividades de los propios actores de la investigación, sino también el tejido social que permite la circulación de personas, problemas, recursos y resultados entre las diferentes esferas de la sociedad que se encuentran implicadas e interesadas en la utilización de los resultados alcanzados.

En lo que sigue se hará, en la segunda parte, en primer lugar, unas consideraciones sobre los avances logrados en la clarificación del papel que juegan los principios que regulan la adquisición y la comunicación del conocimiento: todo proceso de formación en el campo de la ciencia y la tecnología debe considerar no sólo la apropiación de los contenidos, también debe considerar la apropiación de los modos válidos de producción del conocimiento y de su comunicación. Estos principios encuentran, en segundo lugar, en la matematización y en la experimentación los elementos que sirven de fundamentación a las proposiciones y los resultados alcanzados. Ahora bien, para que logren una aceptación válida socialmente son utilizadas una serie de operaciones básicas que permiten la construcción de representaciones que circulan públicamente a través de los documentos y de las publicaciones y que, entonces, pueden ser sometidos a una crítica calificada.

En la tercera parte, se hacen algunas consideraciones sobre las posibles prácticas realizadas con base en una formación que ha integrado en diferentes niveles esos principios, aceptado los elementos que sirven de fundamento a la racionalidad científica y que ha comprendido las modalidades de construcción de las representaciones presentes en los discursos científicos. En general, esta exigente formación —entendida como la incorporación, la comprensión y la utilización competente por parte del sujeto de todas aquellas condiciones— es, en la época actual, asunto casi exclusivo

del sistema educativo. Ahora bien, precisamente las actividades prácticas realizadas en el campo de la ciencia y la tecnología tienen un carácter social, que es portador de posibilidades y fuentes de aprendizajes. Significa esto que es necesario considerar la inserción de los individuos dentro de una gran variedad de relaciones sociales que potencian la acción individual o colectiva. La cuarta parte, está orientada a extraer algunas conclusiones sobre las contribuciones que la escuela secundaria hace a esta formación y pretende estudiar las vinculaciones entre la noción de formación y los aportes que a ella se hacen en la escuela primaria y secundaria.

II. LAS CONDICIONES NECESARIAS PARA LA FORMACIÓN EN EL CONOCIMIENTO CIENTÍFICO Y TECNOLÓGICO

La formación es un proceso seguido por los estudiantes que permite el progreso en las formas de apropiación del conocimiento disponible y de su comunicación. Más allá de los contenidos de cada saber especializado, hay modalidades para hacerlos propios y para regular su circulación y comunicación. Esta apropiación está regulada por *principios* que posibilitan además la comprensión de los modos de razonar y de operar en los diferentes campos de la ciencia. La capacidad de reconocer las semejanzas y coincidencias en la apelación a estos principios permite los diálogos y la fertilización cruzada entre los diferentes campos especializados. Quien pretende adentrarse en la tradición del conocimiento científico y comprender las formas como ésta se ha ido decantando debe integrar estos principios. Es una común apelación a los discursos codificados, que encuentran como *elementos* determinantes a la matematización y a la experimentación, la que permite encontrar una nueva coincidencia entre los diferentes saberes científicos, aún si los niveles que alcanzan estos elementos en las disciplinas y en las profesiones particulares

no es uniforme y está en relación con sus concepciones teóricas de base, con los mundos de objetos específicos y con su específica concepción de la actividad práctica. Quien pretende comprender cómo se llega a la justificación de la validez de los resultados encuentra en estos elementos una referencia insoslayable. Por otra parte, la construcción social de la validez de los conocimientos apela a una multiplicidad de *operaciones de base* que se han ido decantando y que corresponden a esas modalidades aceptadas de exposición de los resultados alcanzados para que puedan ser puestos en circulación a través de las publicaciones. Es el paso al espacio público, lugar donde se consigue la validez de los hechos científicos o tecnológicos. En lo que sigue se tratará de estas condiciones necesarias de la formación en el conocimiento científico y tecnológico, haciendo una separación formal entre los principios, los elementos y las operaciones de base. Ahora bien, a partir de la formación alcanzada por los individuos es posible abordar la actividad práctica que conduce a la construcción de los nuevos resultados tanto en el campo de la ciencia como en el de la tecnología.

2.1 SOBRE LOS PRINCIPIOS QUE REGULAN LA APROPIACIÓN Y LA COMUNICACIÓN DEL CONOCIMIENTO

El sistema educativo permite pensar la formación como una cualidad poseída por los individuos que progresivamente se va constituyendo y calificando. Son los individuos los que aprenden a leer y escribir, a diferenciar los mundos de objetos que son propios de cada una de las ciencias particulares, a establecer lo que allí es un problema válido y a reconocer las modalidades de enfrentarlo y de resolverlo. Quizás éstas son las mayores contribuciones explícitas que la enseñanza primaria y secundaria hace a la formación en el conocimiento científico. Para lograr estas diferenciaciones se han debido comprender y poner en actividad diversas formas de argumentar y de comunicar el conocimiento. En efecto, no se argumenta en la misma forma en la matemática, la física, la química,

la biología, la filosofía, por ejemplo. Sin embargo, y quizás ésta es una de las contribuciones implícitas más importante que la educación secundaria hace a la formación en el conocimiento científico, más allá de las diferencias se encuentra que en todas estas formas de argumentar hay una análoga orientación en la explicitación de las hipótesis y las reglas metodológicas que sirven de fundamentación en la construcción de las afirmaciones y los resultados que, al ser expuestos públicamente, buscan ser aceptados por quienes tienen competencias para evaluarlos y criticarlos. La otra contribución implícita, de tanta importancia como la anterior, es la aceptación de la *primacía de la escritura y de la lectura* en el campo del conocimiento: la apropiación de las matrices teóricas que están en la base de cada uno de los saberes diferenciados y de la tradición de los problemas que les son peculiares, de las normas que regulan la comunicación del conocimiento pone en juego de manera *intensa la lectura y la escritura*².

Se deriva de lo anterior que el reconocimiento de estas análogas orientaciones en la validación social del conocimiento, vigente para cada uno de los saberes que circulan en la comunidad académica, y

² La reflexión sobre las características de la escritura y la lectura en tanto que mediaciones para la apropiación, la comunicación y la construcción del conocimiento ha sido ya intensamente tematizada en nuestro medio y ha dado lugar a diferentes estrategias, en el interior de la Escuela, para incrementar su manejo competente. Podemos entonces prescindir aquí de hacer una tematización explícita. Véase, para una presentación más desarrollada, (Charum 1990: 164-169); para una presentación de los efectos de la escritura en la circulación del conocimiento (Eisenstein, 1979). A pesar de su importancia no tematizaremos tampoco aquí el problema de la equidad puesto de presente cuando se considera los efectos de las desigualdades en la capacidad de lectura y de escritura y, en general, de los principios que regulan la circulación del conocimiento en el ámbito académico: un discurso hecho para un mismo grupo será integrado en forma diferencial por cada uno de los individuos presentes según las competencias que cada uno de ellos ya posee. Sobre este punto se puede consultar (Bourdieu, 1979); (Moulakis 1994: 32-35).

la aceptación del primado de la escritura están en la base de las posibles interacciones entre miembros de esa comunidad, independientemente de las formaciones en las disciplinas o en las profesiones específicas. Nociones como la de proyecto³, interdisciplinariedad, transdisciplinariedad, investigación alrededor de problemas⁴, grupo de investigación⁵, por ejemplo, pueden ser consideradas a partir de la idea de diferenciación de saberes y de la posibilidad de interacción entre sujetos que comparten principios e intereses comunes.

A partir de los trabajos de Kuhn, es posible aceptar que la formación en una disciplina corresponde a una socialización por la que se llega a aceptar una matriz teórica que delimita el campo de

-
3. Para la realización de un proyecto es necesario fijar previamente un objetivo por alcanzar —la construcción de un objeto tecnológico por ejemplo— y concebir los procedimientos, establecer las teorías, ordenar las competencias puestas a cooperar, para lograr el objetivo. En un proyecto un objeto que debe llegar a ser es prefigurado (es “arrojado delante”) para, posteriormente y por la puesta en operación de los medios, hacerlo aparecer delante. Se controla el proceso de su objetivación a partir de su diseño previo. Eventualmente, si sucede algo imprevisto, se redefine el proceso o el objetivo. Lo que aquí más importa es que en todo proyecto, hay una multiplicidad de saberes y de competencias puestas a cooperar para obtener el resultado.
 4. En general, un problema de investigación se aborda porque no se sabe. La investigación es la única actividad que se justifica por la ignorancia que se tiene sobre una situación. La posibilidad de crear, en forma ideal inicialmente en la cabeza de los investigadores, y luego de proponer modalidades que permitan avanzar en las respuestas a las preguntas que todo problema suscita está vinculada, en la mayoría de casos, a poner en juego una diversidad de saberes, de instrumentos teóricos y de dispositivos prácticos que, en general, no se reducen a los específicos de una disciplina o profesión. Véase, sobre esta situación (Hughes, 1983).
 5. Para una caracterización de los grupos de investigación, (Law, 1989); (Charum, 1990: 240-246).

los saberes válidos, establece lo que son los problemas propios del campo y las modalidades de trabajo aceptadas por la comunidad disciplinaria o profesional para enfrentarlo y resolverlo. Esto nos introduce en lo que podemos llamar la dimensión social del trabajo científico. Así, es posible distinguir dos dimensiones de la formación: según se progresa en el conocimiento, en lo que podemos llamar la dimensión cognitiva de la formación y que pone el énfasis en el sujeto, se van encontrando modalidades progresivamente más articuladas para interactuar con quienes comparten una misma matriz teórica de referencia y que corresponde a lo que podemos llamar la dimensión social de la formación. Dicho en otra forma, según se avanza a lo largo de un eje cognitivo que corresponde al progreso en a) la apropiación del conocimiento básico y del núcleo teórico de un saber específico, b) en su utilización, c) en la apropiación autónoma del conocimiento disponible, d) en la ubicación de un problema propio de investigación o en el establecimiento de un proyecto, e) en su resolución o realización, se avanza análogamente según un eje social que muestra formas cada vez más articuladas para interactuar con otros miembros de la propia o de diferentes comunidades disciplinarias o profesionales. Esta situación se puede representar en un gráfico que muestra una trayectoria posible de la formación de un individuo.

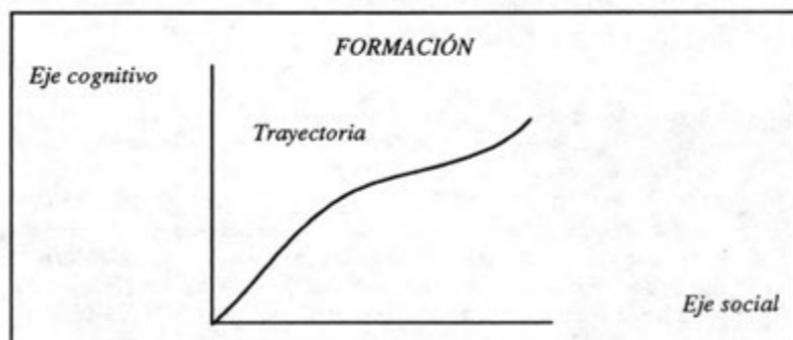


Gráfico 1

Representación de la trayectoria seguida en un proceso de formación

La dimensión social permite comprender las dinámicas que llevan a la interiorización de las normas implícitas que regulan las formas de operar en las disciplinas particulares y, sobre todo, permiten la adquisición de los aprendizajes⁶ debidos a la relación práctica con los objetos de trabajo junto a quienes son los portadores de la tradición de los saberes específicos. En efecto, es por la participación en seminarios conjuntos, en los procesos de trabajo y de investigación y en el desarrollo de proyectos, junto a quienes muestran por su práctica cuáles son las reglas que orientan y ordenan las actividades prácticas, por lo que se llega a aceptar y a incorporar las formas válidas de trabajo en el campo específico y a generar las modalidades de regular las actividades dentro del propio grupo, lo que se constituye en una acumulación de aprendizajes. Dicho en otros términos, en la formación se puede distinguir una dimensión cognitiva —los contenidos— y una dimensión social, que está en la base de la integración y la generación de las normas que permiten la interacción. Así, el individuo formado en un saber no sólo tiene conocimientos, tiene además formas de regular la actividad propia en el campo a partir de las referencias teóricas y prácticas y posee saberes implícitos derivados de la relación con los objetos de trabajo y con quienes han participado en su desarrollo. Y es con base en estos conocimientos y saberes implícitos como puede participar competentemente en las actividades conjuntas que conducen a la producción de nuevos resultados.

⁶ El aprendizaje da lugar a un saber implícito, un saber—hacer que, en general, no puede ser expresado en forma discursiva y que, en consecuencia, no es posible enseñar. Estos saberes implícitos, que se constituyen en acumulaciones de los mismos grupos que los han generado, pueden haber sido incorporados individualmente pero su movilización en los procesos de trabajo beneficia las actividades y potencia los logros del grupo.

Estos saberes implícitos pueden ser considerados como las acumulaciones poseídas y disponibles que todo grupo de trabajo o de investigación que permiten potenciar los nuevos trabajos. Son normas propias del grupo —normas de “la casa”—, procedimientos, reglas de cooperación, saberes técnicos, calificaciones en la utilización de tecnologías genéricas, saberes generados para responder a las necesidades específicas en el avance de un trabajo realizado colectivamente.

2.2 SOBRE LOS ELEMENTOS DE LA FUNDAMENTACIÓN DEL CONOCIMIENTO CIENTÍFICO Y TECNOLÓGICO

En los inicios de la ciencia, en la Antigüedad clásica, existe una oposición entre una *episteme* contemplativa y una *techné* utilitaria. La ciencia pura es *theoria*, contemplación desinteresada de las esencias. El elemento de la ciencia es el *logos*, el pensamiento especulativo y no la materia sensible. Aristóteles estima que el objeto geométrico es abstracto y que la física sublunar escapa a todo intento de matematización. Para el platonismo las matemáticas sirven para tratar los fenómenos naturales sin que esto signifique alguna interdependencia de la ciencia y la técnica.

Esta diferencia ya no es más pertinente. Hay que esperar al siglo XVII para el advenimiento de una ciencia con intenciones y con actitudes técnicas. Para algunos se trata de una revolución científica sostenida por la conversión de la *scientia contemplativa* —a la naturaleza se la comprende pero no se la perturba— a la *scientia activa* —si se sabe sobre sus comportamientos y regularidades podemos llegar a ser “amos y señores de la naturaleza” (Descartes).

Fue Alexander Koyré⁷ quien propuso una interpretación más

⁷ Sus estudios marcan una diferencia en las interpretaciones sobre la emergencia de la ciencia moderna, (Koyré, 61: 341-362), sobre las

matizada: el carácter original de la ciencia a partir del siglo XVII es debido a la eliminación de la separación entre la ciencia y la técnica, vigente aún durante la Edad Media, y la emergencia de una posibilidad e incluso de una necesidad de interacción entre ambas. Esto ha sido posible porque el aspecto teórico (la matematización de lo real), se asocia estrechamente al aspecto experimental, cuya estructura estará ahora dominada y determinada por el primero. El papel del experimento en Galileo, el comienzo con éste de una ciencia del movimiento que es indisolublemente matemática y experimental serían hitos en la aparición de esa nueva ciencia, la ciencia moderna y de su inseparable complemento, la tecnología: la fundamentación con base matemática de lo que debe ocurrir, la disposición de los objetos producidos con base en la previsión de sus comportamientos, la búsqueda de la explicación a los fenómenos naturales, la construcción de los instrumentos precisos que se interponen entre el sujeto y el objeto para dar cuenta de éste, son todos ellos resultados de esta nueva opción de conocimiento y de relación de conocimiento con la naturaleza. Si en el comienzo hubo una ciencia sin técnica, hoy hay una dificultad para separar la ciencia de la técnica o, más precisamente de separar la ciencia de la tecnología.

La matematización de las teorías puede comprenderse en un sentido más directo, como es el caso cuando se trata de la física, por ejemplo, donde la construcción de los conceptos es indisoluble de su expresión matemática. Pero puede comprenderse en un sentido más amplio, como la analogía con las formas de argumentar, de dar cuenta de sus principios, de poner en el lenguaje sus constructos, en donde se ha eliminado ya la polisemia o las referencias inmediatas

concepciones epistemológicas de Galileo, (Koyré, 1939) y de Newton, (Koyré, 1965) y constituyeron un modelo paradigmático de la historia de la ciencia como una historia de las ideas desencarnadas. Para una interpretación de la obra de Koyré, véase (Elkana, 1989, 185-228).

al conocimiento común, que es propia de las matemática. Y en esto todas las ciencias coinciden. Es esta característica común la que precisamente permite la interacción entre los especialistas de diferentes disciplinas científicas. Y es este componente de la formación el que hace posible evaluar y comprender discursos que, *a priori*, pueden estar alejados de una formación especializada disciplinaria particular⁸.

El otro elemento que está en la base de la fundamentación del conocimiento científico es la experimentación y, en forma más general, la posición que el laboratorio ocupa en la validación social del conocimiento. En ninguna otra parte de la actividad científica se muestra con mayor claridad la convergencia de las diversas estrategias y medios puestos a participar en la creación de la evidencia científica, que en el laboratorio⁹. En efecto, es allí donde se realizan los experimentos basados en lo que podría llamarse el *procedimiento material*: la construcción y la organización de los diferentes equipos y máquinas mediante los cuales se van a construir los resultados que, posteriormente, se van a reivindicar como "hechos" construidos que deben ser aceptados como válidos. Este procedimiento apela ya

⁸ Se puede decir, entonces, que en el primer caso, *la matemática* está implicada en la construcción de los conceptos y en su presentación y que, en el segundo caso, es el carácter de la matemática, *lo matemático*, el que está presente en la construcción y en la presentación de los conceptos. Por supuesto que también hay diferentes niveles de implicación de la matemática y de lo matemático en las ciencias particulares: un nivel más alto corresponde a la física, por ejemplo, en tanto que en la química, o en la biología sería menor o por lo menos diferente.

⁹ La penetración en los propios lugares de trabajo, los laboratorios de investigación, por parte de los sociólogos de la ciencia ha mostrado con evidencia la multiplicidad de estrategias puestas en operación para producir los resultados y para buscar su validación social. Véase, desde esta perspectiva (Latour, Woolgar, 1988). Para un estudio histórico, sobre la construcción de la noción de experimento, (Shapin, Schaffer, 1993).

a perspectivas teóricas previas, moviliza saberes técnicos, pone a cooperar a grupos de personas con conocimientos de diferentes niveles de especializaciones, destrezas y habilidades. Los resultados tienen además un estatuto intelectual y no sólo factual, pues se pretende que sean aceptados por grupos que no participaron en el proceso. Este paso a la aceptación exterior pone en marcha un *procedimiento literario*, que se apoya en múltiples operaciones que permiten establecer una representación de los hechos y de las realizaciones para difundirla a una audiencia exterior de científicos del mismo campo o divulgarla en sectores más amplios de la comunidad científica o académica.

2.3 SOBRE LAS OPERACIONES DE BASE PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LAS REPRESENTACIONES: LA CONSTRUCCIÓN DEL DISCURSO CIENTÍFICO

Que el hecho producido en el laboratorio llegue a ser aceptado con una validez incuestionable, como es la pretensión de quienes producen los resultados, pasa por la construcción de una representación del hecho, lo que es posible por una serie de *operaciones de base* que hoy forman un nuevo sentido común de la práctica discursiva de los científicos. Si la ciencia hoy tiene un tan gran poder es por su capacidad de construir estas representaciones de los hechos científicos y en la posibilidad de operar a partir de ellas. Parece paradójico “hacer física en el tablero”, desplazar móviles, prever encuentros o realizar reacciones en un lugar que no sea el laboratorio o la realidad. Todo esto es posible de realizar a través de sus representaciones puestas en las dos dimensiones de una hoja de papel. Esta operación de *aplastamiento* permite dominar con una sola mirada lo más complejo, superponer objetos que por ninguna otra razón estarían cercanos. Una realidad vivida en el laboratorio, demasiado compleja para que su descripción pueda ser completa, es puesta al alcance de la vista y pueda ser analizada. El *cambio de escala* permite dominar lo microscópico y lo

macroscópico, las células y las moléculas, las galaxias y los grandes sistemas industriales. Estas dos transformaciones hacen posible la inspección de la realidad con modelos cuyo análisis cae dentro de los límites de nuestras posibilidades biológicas. Y es posible razonar a partir de ellos, lo que quiere decir que no sólo se tiene una representación sino una disponibilidad de lo representado para emprender nuevos estudios, trabajos o proyectos. Una siguiente operación, posible porque se realizan las operaciones anteriores, es la *superposición y combinación* que permite encontrar asociaciones que de otra manera aparecerían escondidas para siempre: las asociaciones entre los registros locales de sismicidad y los asentamientos humanos, la ubicación de los yacimientos de petróleo y el desarrollo nacional, son muestras de vinculaciones entre la geografía y la sociedad o de aquella con la economía. Y esto se puede hacer en un escritorio donde se establecen las conexiones que luego pasan a los cerebros de los investigadores. Estas asociaciones son posibles por la capacidad de *movilizar* estados del mundo a través del tiempo y del espacio —los fósiles, las plantas, las muestras— y de *fijar de manera inmutable las formas*: un croquis de una costa fija su forma y es llevada para que futuros viajeros no se pierdan en parajes desconocidos para ellos, por ejemplo. Ahora bien, esta acumulación sobre los estados del mundo pueden *incorporarse y ser inscritos* en los textos que entonces no sólo registran imágenes, sino las formas que crean entonces una unidad que puede ser analizada con criterios interpretativos homogéneos y que le dan a la literatura científica ese valor de exactitud y convencimiento. Una última operación es la relación entre los acontecimientos y las cifras, la *fijación de los acontecimientos con las matemáticas*, la puesta en números, a través de gráficas, curvas, modelos, ecuaciones que permite luego encontrar más de lo que allí se ha puesto. La posibilidad de razonar a partir de todas estas operaciones organizadas en una unidad, es quizás uno de los trabajos de abstracción que más han incidido en la comprensión del mundo y de la naturaleza. Y en su transformación.

Las observaciones anteriores forman parte del conocimiento común, sobre el que parece ya inútil insistir. La razón de recordarlas es para llamar la atención sobre el carácter moderno de una nueva imagen de la naturaleza que permite proponer formas organizadas para su comprensión, para la explicación de sus comportamientos y para la construcción de los nuevos resultados. Todos estos principios, elementos y modos de operar tienen un carácter de adquisiciones logradas a través de largos procesos históricos y que, deben rehacerse en cada uno de los individuos para que se pueda hablar de una formación en el conocimiento científico y tecnológico.

CONDICIONES NECESARIAS DE UNA FORMACIÓN EN EL CONOCIMIENTO CIENTÍFICO Y TECNOLÓGICO

1. LOS PRINCIPIOS QUE REGULAN LA COMUNICACIÓN DEL CONOCIMIENTO
 - i) Rechazo de los argumentos de autoridad y aceptación por principio, de la crítica razonada.
 - ii) Privilegio del lenguaje escrito.
 - iii) Construcción del discurso a partir de fundamentos y de su articulación argumentativa.
 - iv) Exigencia de la argumentación racional.
 - v) Vocación a la articulación entre la teoría y la práctica, entre el discurso y la acción.
 - vi) Búsqueda del consenso voluntario mediante la argumentación racional.

<p>2. LOS ELEMENTOS QUE SIRVEN DE FUNDAMENTO A LAS PROPOSICIONES EN EL CAMPO DE LA CIENCIA Y LA TECNOLOGÍA</p> <p>i) La matematización</p> <p>ii) La experimentación</p>
<p>3. LAS OPERACIONES DE BASE QUE PERMITEN LA CONSTRUCCIÓN DE LAS REPRESENTACIONES EN EL CAMPO DE LA CIENCIA Y LA TECNOLOGÍA</p> <p>i) El aplastamiento: representación—reconstrucción de las realidades vividas en los procesos de investigación en las dos dimensiones de una hoja de papel.</p> <p>ii) El cambio de escala: representación de lo microscópico y de lo macroscópico en una escala que se ajusta a las posibilidades de captación biológicas del hombre.</p> <p>iii) La superposición y combinación: asociación de diversas representaciones heterogéneas, cuya combinación permite establecer relaciones que de otra manera no serían posibles.</p> <p>iv) La movilización de las formas previamente fijadas: la extracción de las formas devienen estados del mundo o regularidades naturales que pueden ser transportadas a través del tiempo y del espacio sin deformación.</p> <p>v) La incorporación y la inscripción: los estados del mundo fijados como formas pueden ser acumulados e inscritos en textos creando una nueva unidad que puede ser interpretada.</p> <p>vi) La fijación de los acontecimientos con las matemáticas: representación con cifras y construcciones con base matemática.</p>

Tabla 1

III. LA FORMACIÓN Y LA RELACIÓN CON LA PRÁCTICA EN EL CAMPO DE LA CIENCIA Y LA TECNOLOGÍA

La relación entre la formación y la actividad práctica que permite esa formación puede ser considerada en, al menos, dos niveles. En un primer nivel, es posible, desde una perspectiva histórica, mostrar los efectos que han tenido los tipos de formación que se han dado en cada una de las disciplinas o profesiones. Se acepta, entonces, que pueden ser mostradas sus implicaciones en el mediano y en el largo plazo. Aunque aún no hay estudios en el país que permitan mostrar estas correlaciones algunos elementos logrados permitirían ya iniciarlos¹⁰. El interés en poner un énfasis en esta relación tiene que ver aquí con la posibilidad de construir proyectos nacionales en donde los tipos de formación son determinantes y en llamar la atención sobre la responsabilidad social con que deben ser orientados. En un segundo orden de ideas, desde una perspectiva más sociológica, es posible mostrar, sobre todo en las disciplinas o profesiones con más largas tradiciones, que la estructuración intelectual de cada campo del saber, introduce una correlativa estructuración social de su práctica social. Significa lo anterior que cada práctica está vinculada a las tradiciones que se han ido decantando a lo largo del tiempo como práctica válida y que no es posible reorientarla abruptamente a partir de una voluntad exterior.

¹⁰. El estudio de Safford sobre las diferencias en la formación en los ingenieros "antioqueños" y "bogotanos" y los diferentes tipos de problemas que abordaron y de prácticas que realizaron con base en ella, durante el final del siglo pasado y los inicios del presente: Safford 1989, los estudios de Obregón de 1992 y de Restrepo de 1993 son contribuciones decisivas para abordar este problema. Un incisivo estudio que vincula las tradiciones formativas de los ingenieros franceses y norteamericanos y las características de la industrialización que ellas determinaron es el de (Kranakis 1989: 7-70)

No hay aún estudios en nuestro medio que permitan mostrar concretamente esta situación¹¹. En un segundo nivel, podemos, sin embargo, considerar los tipos de relación práctica que son posibles a partir de los niveles de la formación. Tomaremos como referencia, para progresar en la reflexión, la relación de un sujeto con los objetos tecnológicos¹². Desde el punto de vista del sujeto, el objeto tecnológico puede ser considerado como una caja negra, y en su relación con éste le da prelación únicamente al uso y al conocimiento necesario para ello. El énfasis está puesto, entonces, en las respuestas a los comandos, operaciones u órdenes que sirven para hacer funcionar el objeto. En este caso no se busca comprender y menos

11. Véase (Shinn, 1980: 3-35), para un estudio en el campo de la investigación industrial.

12. Haremos una diferenciación formal entre objetos tecnológicos, técnicos y científicos considerando, para propósitos expositivos, que el conocimiento implicado es tecnológico, técnico o científico. En el primer caso se trataría de objetos que son el resultado de proyectos fundamentados en leyes científicas (teorías materializadas diría Bachelard) cuya articulación compromete también a saberes técnicos poseídos y puestos en obra por quienes participan en su construcción. En este sentido, los objetos tecnológicos serían resultado de la imbricación, a través de un proyecto, de saberes científicos y técnicos. El punto importante aquí es la idea de proyecto, y entonces de la vinculación entre la teoría y la práctica, de su fundamentación con bases científicas y, en la construcción práctica, de la activa presencia de saberes técnicos. Los objetos científicos o técnicos comprometerían, en el primer caso, sólo el saber científico, dando lugar, por ejemplo, a las teorías, y, en el segundo caso, al saber técnico, es decir al saber implícito poseído y a los aprendizajes logrados por los constructores, adquirido en la relación con los objetos de trabajo —*learning by doing*— y que no tiene necesariamente una fundamentación científica. Un ejemplo, en este caso, serían los productos artesanales. Lo que interesa no es tanto la clasificación pura, sino la imbricación de los saberes implicados. Para un análisis detallado de este tema, (Simondon, 1958); para una consideración de la relación entre el sujeto y el objeto tecnológico, (Charum 1991: 63-87), texto en el que aquí nos apoyaremos.

explicar su comportamiento. Es claro que el saber implicado para operarlo no va más allá del conocimiento de la existencia, en ese tipo de objetos, de ciertas regularidades: si se toca tal botón, se prende y comienza a operar, o si se hace una cierta secuencia de operaciones sucede tal y tal cosa. No se sabe por qué hay ese tipo de respuesta, ésta existe y no pretende saber más. Hay un aprendizaje técnico derivado de la relación, a la que podemos llamar *relación técnica*: el de las respuestas a cierta sucesión de operaciones que, para que se establezca tiene como condición previa la aceptación de la persistencia de las respuestas a las mismas operaciones realizadas bajo las mismas condiciones. Es claro que, en general, estos aprendizajes son bastante inestables pues no hay un principio que permita dar cuenta de ellos y menos aún, de justificarlos. La formación que pone el énfasis en la relación práctica inmediata con los objetos estaría en la base de esta relación técnica.

Es posible una segunda relación, cuando la formación en el conocimiento tecnológico le permite aceptar que, para la construcción del objeto, fueron precisos largos y complejos procesos en los que teorías, procedimientos y técnicas presidieron la elaboración de un proyecto desarrollado por los constructores y que hay la posibilidad de prever sus comportamientos, lo que, en la mayoría de los casos, ya ha sido hecho por los constructores: existen catálogos y manuales de uso, en los que se describen las formas de utilización y se delimita el espacio de los usos. Hay entonces la posibilidad de una *relación técnica racional* en el sentido en que el acercamiento a los usos por parte del sujeto está orientado por la lectura y el aprendizaje de las normas consignadas. Si bien hay una aceptación de la racionalidad tecnológica que presidió la construcción del objeto, no hay un intento de explicar su comportamiento. El aprendizaje logrado en esta relación es de tipo procedimental y restringido al espacio de los usos competentes y de las posibilidades de utilización. Una formación que haga énfasis en los procedimientos daría lugar a este tipo de relación técnica racional.

Una relación de un nivel superior es posible cuando no sólo se acepta la existencia de la justificación teórica del proyecto y de su construcción práctica que dió lugar al objeto tecnológico, sino que se sabe que estas teorías materializadas, cualquiera que sea su grado de codificación de formalización, son racionalmente comprensibles y aprehendibles y que es posible, incluso, llegar a comprender los intereses que presidieron su realización. Se tiene, en este caso, *una relación tecnológica* con el objeto. Una formación que haga énfasis en la necesidad de la fundamentación y en la relación entre la teoría y la práctica permite este tipo de relación tecnológica.

— Es claro que cada una de las anteriores relaciones determina diferentes tipos de utilización, de comprensión y de explicación del mismo objeto tecnológico y que, además, pone en juego diferentes niveles de formación. Por otra parte, los aprendizajes logrados en la relación abren a campos de posibilidades diferentes según el nivel de formación implicado¹³.

Es preciso, antes de continuar, hacer algunas observaciones pertinentes que ayudan a ubicar los límites y las potencialidades de la presentación anterior.

1. Para establecer las relaciones anteriores se ha tomado como referencia a un objeto tecnológico. Podemos, sin embargo, también analizar la relación cuando se trata de objetos

¹³. La posibilidad de darle nuevos usos, no previstos por los constructores o por lo menos no presentes explícitamente en los modos de empleo que acompañan los objetos tecnológicos, de articularlos con otros para obtener resultados más complejos, de transformarlos para lograr que se adapten a nuevas condiciones, por ejemplo. Esta apertura del campo de posibilidades está, en general, controlada por los constructores. Para un análisis de la tensión sobre los usos presente entre los constructores y los usuarios, (Akrich, 1987).

científicos y hacer las analogías pertinentes. Así, por ejemplo, si se considera una teoría, el acercamiento a ella, el nivel de su comprensión y de explicación puede ser más o menos lejano según se tenga una menor o mayor capacidad para su deconstrucción. Con base en estas analogías podemos hablar en un sentido general de instrumentos, que pueden ser materiales, como los equipos, las máquinas, los sistemas tecnológicos, (que son ejemplos de objetos tecnológicos) o inmateriales, como las nociones, los conceptos y las teorías (que son ejemplos de objetos científicos). En los dos casos se trata de mediaciones interpuestas entre el sujeto y el objeto para incidir en él o para comprenderlo. Ahora bien, con base en estas mediaciones, a las que le damos el nombre genérico de instrumentos, se llega a obtener resultados que tienen que ver con los intereses que orientan su utilización y que pueden ser cognitivos, prácticos, sociales, económicos, culturales, políticos.

2. Una situación diferente se encuentra si se analiza la relación con un objeto técnico. En efecto, la característica esencial del objeto técnico es la de ser resultado de la actividad práctica orientada por un saber-hacer que es poseído por el productor. Este saber está incorporado y su transmisión se hace por la participación en el proceso de su producción. Esto explica la relación, que conduce al aprendizaje, entre el maestro y el aprendiz en los oficios. Los aprendizajes derivados de la relación de uso del objeto están también determinados por el conocimiento implícito que ya se posea. El uso de los objetos técnicos puede estar orientado por una previa explicitación de los procedimientos o de las normas que deben ser seguidas, sin que haya una fundamentación de ellas. Lo determinante aquí, para la formación, es que, es por la participación en su construcción y en su uso con quienes ya poseen el conocimiento implícito, como se logra una apropiación de estos saberes implícitos puestos en operación. Esta misma

situación se presenta en el marco de la producción de resultados en el campo de la ciencia y la tecnología cuando hay la participación conjunta de conocimientos científicos y de saberes técnicos¹⁴.

3. La relación está determinada por el nivel de formación. Es claro que, si se considera la formación como un proceso continuo que se realiza en el estudiante, las características esenciales de una formación que progresivamente se califica, deben estar ya presentes y contextualizadas en la relación pedagógica en la escuela primaria y secundaria. Estas características son: intensa relación con la lectura y la escritura, vocación a la vinculación de la teoría y la práctica,... y capacidad de interactuar en procesos de trabajo con quienes tienen formaciones de diferente nivel, orientación o especialidad.

4. Es posible intentar establecer el campo de posibilidades a que abre cada uno de estos niveles de formación. Por ejemplo, es claro que la relación que hemos llamado tecnológica permite no sólo la de-construcción y la re-construcción de los objetos tecnológicos, también crea las posibilidades para su re-

¹⁴ Las implicaciones de la necesaria participación de los saberes técnicos en este tipo de actividades prácticas no ha sido suficientemente estudiada. Los estudios recientes de la sociología del conocimiento y de la tecnología han comenzado a mostrar su importancia para comprender la producción de resultados en estos campos y en validación social de esos resultados. Para un estudio particular de decisiva importancia en la historia de la ciencia, véase (Shapin, 1991).

producción. En efecto, si bien copiar en el campo de la tecnología exige también conocimientos articulados y capacidades técnicas que sólo a nivel de grupos se pueden poseer, es una formación en el conocimiento tecnológico del tercer nivel la que debería ser alcanzada para que sea posible una acción reproductiva de las tecnologías producidas por otros¹⁵.

IV. LOS APORTES QUE LA ESCUELA PRIMARIA Y SECUNDARIA HACEN A LA FORMACIÓN EN EL CONOCIMIENTO CIENTÍFICO Y TECNOLÓGICO

Con base en las anteriores consideraciones es ahora posible establecer a) las contribuciones que la educación básica, debidas a la acción pedagógica, hace a la formación en el conocimiento científico y tecnológico de los estudiantes; b) hacer algunas observaciones de los procesos que llevan a esa formación.

Debido al carácter procesual de la formación, la educación básica contribuye en la construcción de las condiciones necesarias, sin que por ello aquélla alcance su pleno desarrollo. Sin embargo, su participación es determinante. En efecto, las bases para esa formación

¹⁵. En general la situación es mucho más compleja. Son los productores quienes poseen el conocimiento y han logrado los aprendizajes durante el proceso de producción. Ahora bien, los productores no tienen interés, en general, de compartirlo. Sobre este problema, véase (Perrin, 1983).

se logran primordialmente a través de la educación formal¹⁶. Además, es posible allí ubicar los medios por los que ésto se logra.

Por otra parte, las dimensiones cognitiva y social permiten pensar la formación como una trayectoria (Gráfico 1) iniciada por los estudiantes en la educación básica, que se prolonga a través de los estudios de pregrado y postgrado y se continúa en las actividades investigativas o profesionales. Es posible, entonces, seguir la formación según el eje cognitivo, es decir, haciendo énfasis en la adquisición de los conocimientos o según el eje social, ésto es, enfatizando en las modalidades de asociación que poco a poco se van estableciendo en todo proceso de conocimiento. En el primer caso, la mirada está puesta en los currícula y en los procesos formales de la educación, en el segundo caso es posible pensar los efectos y las contribuciones de las formas más organizadas de trabajo, por ejemplo, en los proyectos, en las asociaciones y en los vínculos que ellos generan. Por otra parte, las condiciones necesarias (Tabla 1) se convierten en referencias que hacen posible ordenar y orientar las actividades en el interior de la Escuela y pensar las implicaciones que ellas tienen en la sociedad. Las propuestas pedagógicas de Dino Segura, las reflexiones sobre la relación de la formación con la sociedad de Víctor Manuel Gómez, presentadas para este Seminario y la tematización que de la formación se hace en este documento son entonces complementarias.

¹⁶ Es claro que restringirnos aquí a la educación primaria y básica significa no tener en cuenta los aportes exteriores a la escuela y, en particular, los que provienen de la familia. Sin embargo, para la inmensa mayoría de los casos es a través de la educación formal como se logra la incorporación de las condiciones necesarias propias de la formación. Sobre este punto véase (Charum, 1990).

4.1 LA CIENCIA COMO CONOCIMIENTO

Cuando el énfasis es puesto en la ciencia como conocimiento podemos considerar que la formación del estudiante progresa según el eje cognitivo y que, según avanza en sus estudios, se va progresivamente familiarizando con, y correlativamente va integrando, las condiciones que hacen posible la adquisición, la comunicación y la producción de conocimientos. A partir de esta perspectiva, una intensa práctica de lectura y la escritura muestran ser las actividades centrales. La diferenciación de los saberes y de las formas específicas que la lectura y la escritura toman en cada uno de ellos permite comprender que, si bien para cada uno de ellos hay un mundo propio de objetos —los objetos de la matemática son diferentes de los de la física y éstos de los del lenguaje o de la filosofía— y que su comprensión, movilización y utilización están reguladas por modalidades de exposición y argumentación que les son propias, para todos estos saberes hay una misma orientación de búsqueda de su validez y de su aceptación mediante la explicitación de las orientaciones conceptuales y teóricas y que, en su utilización práctica, buscan incidir en la realidad, comprenderla y explicarla. Dicho en otra forma, los conocimientos están orientados por una intención de insertarlos en las actividades prácticas¹⁷.

Esta es una de las opciones que ha servido de base para la construcción de los *currícula* en la educación primaria y secundaria. Los saberes diferenciados son el objeto de las diferentes materias que se deben cursar. Esto permite una práctica que está restringida al mundo de objetos de cada uno de ellos. Podemos decir, entonces,

17. En este nivel, el campo de las prácticas posibles está relacionado con el saber específico. Por ejemplo, con el conocimiento de la geometría se pueden construir figuras, evaluar áreas, demostrar teoremas. Posteriormente es posible vincular estos conocimientos con las áreas prácticas de otros conocimientos.

que bajo esta opción no se busca la interrelación en la práctica de los diferentes saberes. A partir de esta opción son posibles dos orientaciones extremas¹⁸: a) la orientación hacia los procedimientos; b) la orientación hacia la fundamentación. En la Tabla 2 se han esquematizado estos dos tipos de *curricula* y se señalan algunas de sus implicaciones.

FORMACIÓN CENTRADA EN LOS PROCEDIMIENTOS	FORMACIÓN CENTRADA EN LA FUNDAMENTACIÓN
<ul style="list-style-type: none"> — Énfasis en la extensión del saber acumulado. — La relación con la práctica está centrada en la aplicación de técnicas racionales de las que no hay una vocación para explicitar su fundamentación. (Relación débil entre la teoría y la práctica) — Orientación hacia lo instrumental y lo procedimental. (Saber—hacer afianzada en la experiencia) — Adecuación al carácter funcional de los saberes adquiridos. <i>Formación centrada en la fundamentación.</i> 	<ul style="list-style-type: none"> — Énfasis en la apropiación de un núcleo fundamental de saberes disciplinarios. — Capacidad de reorientar la práctica desde una Fundamentación científica de los saberes adquiridos. (Relación fuerte entre la teoría y la práctica). — Generación de una capacidad para adaptarse a lo nuevo. (Versatilidad y flexibilidad) — Capacidad de innovación y reorientación posible de los proyectos emprendidos.

¹⁸ Es claro que estas dos orientaciones sirven aquí para propósitos expositivos y que en la práctica sólo son dos puntos extremos de un espectro de posibilidades. El interés de considerarlos radica en que permiten señalar los efectos diferentes que tiene estas orientaciones para la actividad práctica.

4.2 LA CIENCIA COMO PRÁCTICA

Cuando el énfasis se pone en la producción de la *ciencia*, es decir en los procesos de construcción de los nuevos conocimientos y en la producción de resultados es necesario considerar lo que podemos llamar la “cultura”¹⁹ presente en la actividad en el campo de la ciencia y en su adquisición necesaria a través de los procesos de formación. En este caso, ya no se considera que son sólo los *curricula* y su aplicación los que nos permiten la “enculturación” de los estudiantes, sino que es a través de la propia actividad práctica como se llega a su apropiación. En efecto, son los procesos sociales que, en el caso de la educación primaria y básica, corresponden a la acción pedagógica desplegada por los propios profesores cuando se realizan los trabajos conjuntos y en el desarrollo de proyectos alrededor de problemas, los que posibilitan la apropiación de las modalidades de la actividad de una ciencia en la acción. Por esto, bajo esta opción, es el proyecto el que toma un carácter central.

La formación en la ciencia y la tecnología se logra con el tiempo con un acercamiento cognitivo, social y personal hacia a la actividad científica. La relación a través de las actividades pedagógicas, en donde las actividades prácticas ocupan un lugar importante, con quienes en la Escuela portan las tradiciones de conocimientos y de experiencias permite la integración de las modalidades de trabajo, y no sólo la adquisición de los conocimientos.

¹⁹ El término “cultura” tiene aquí un sentido restringido y denota el conjunto de los recursos y de condiciones que permiten y que se ponen en operación para la realización de los trabajos propios del campo. Se diferencia de la práctica en cuanto ésta se refiere a la actividad del hacer, posible a partir de de esos recursos y esas condiciones.

4.3 LA POSICIÓN DE LOS PROFESORES

Hasta ahora ha sido tomado como referencia el proceso seguido por los estudiantes para lograr una formación en el conocimiento científico y tecnológico. La noción de trayectoria de la formación ha hecho posible tener en cuenta tanto la adquisición de conocimientos —que puede considerarse como un camino seguido individualmente— como la inserción en la dimensión social de la actividad en el campo de la ciencia y la tecnología. El nivel de adquisición de las condiciones que están en la base de la formación pueden ser usadas en la práctica como un indicador de los avances realizados por los estudiantes a lo largo de la educación. La contextualización de esas condiciones sirve como una orientación sobre las expectativas que se pueden tener en educación primaria y básica y sobre la participación que cada una de las acciones pedagógicas en la incorporación, por parte de los estudiantes, de esas diversas condiciones.

Es posible ahora cambiar el eje de análisis considerando el papel activo que los *profesores* tienen en la formación de los estudiantes. Ya hemos señalado cómo son ellos quienes, en el nivel de la Escuela primaria y secundaria, son los portadores de las tradiciones y los que muestran, en su práctica pedagógica, las formas válidas de operar en los diferentes saberes. Sólo consideraremos aquí la actividad alrededor de proyectos para extraer algunas conclusiones sobre el papel activo de los maestros y de los profesores en la formación.

Todo proyecto se inicia a partir de una situación cuya delimitación da lugar a un problema. Cada problema es inédito y, es lo más frecuente, no puede enfrentarse desde los conocimientos de una sola disciplina o de un saber específico. Significa esto que para su resolución se debe apelar a múltiples tipos de conocimientos y de destrezas que exigen, entonces, que se enfrente en forma cooperativa desde un grupo más o menos amplio. El paso de la situación al

problema, corresponde a la ubicación de las dificultades presentes y de los conocimientos, saberes técnicos, destrezas, instrumentos y procedimientos que deben ser puestos a colaborar para llegar a responder a las preguntas y a enfrentar los retos que la solución de las dificultades percibidas inicialmente en la situación presentan. En un primer momento, todos estos elementos son movilizados en forma ideal por quienes se proponen abordarlo y, en un segundo momento, se pasa a la especificación de esos medios según planes, planos, etc. en un proyecto. Así, todo proyecto enfrenta la resolución de un problema y cuenta formalmente con los medios para su resolución. Por supuesto que los elementos propuestos y puestos en acción pueden revelarse limitados e, incluso, no pertinentes, pero es esencial a todo proyecto la delimitación de un problema y la especificación de los medios para su resolución. Su desarrollo mostrará lo bien fundado de los procedimientos adoptados para su resolución o, por el contrario, las carencias y limitaciones en su concepción y articulación. La otra característica de todo proyecto es la capacidad de control sobre su desarrollo. No basta con darse los medios sino que se debe tener un permanente control del proceso, que permita saber sobre su evolución y la consecución de metas previstas o, si se revela necesario, que permita la redefinición de esas metas o de los procedimientos y de los medios utilizados para alcanzarlas.

BIBLIOGRAFÍA

- AKRICH Madeleine (1987), *Comment décrire les objets techniques?*, *Technique et culture*, Vol. 5, 49-63.
- BOURDIEU Pierre (1979), *Les héritiers*, Minuit, París.
- CHARUM Jorge y PARRADO Luz Stella (1995), *Entre el productor y el usuario. La construcción social de la utilidad de la investigación*, Icfes, Bogotá.
- CHARUM Jorge (1991), "El conocimiento tecnológico y la formación. Su relación con el trabajo", in *Educación, trabajo y transformaciones tecnológicas en Colombia*, Universidad del Valle/Unesco-Crealc/Sena-M.E.N., Cali, 63-87
- CHARUM Jorge (1990), "Estructura científica y entorno social", in *Estructura científica, desarrollo tecnológico y entorno social*, M.E.N./D.N.P./FONADE, Bogotá, 155-267.
- EISENSTEIN Elizabeth (1979), *The Printing Press as an Agent of Change*, Cambridge University Press, Cambridge.
- ELKANA Yehuda (1989), *Antropologia de la conoscenza*, Editori Laterza, Roma.
- HUGHES Thomas (1983), *Networks of Power. Electrification in Western Society, 1880-1930*, The Johns Hopkins University Press, Baltimore.
- KRANAKIS Eda (1989), "Social Determinants of Engineering Practises: A Comparative View of France and America in the Nineteenth Century", *Social Studies of Science*, Vol. 19, 7-70.
- KOYRE Alexander (1939), *Etudes galileennes*, Hermann, París.
- KOYRE Alexander (1961), *Etudes d'histoire de la pensée philosophique*, Gallimard, París
- KOYRE Alexander (1968), *Etudes newtoniennes*, Gallimard, París.

- LATOUR Bruno y WOOLGAR Steve (1979), *Laboratory Life. The Construction of Scientific Facts*, Sage Publications, Londres.
- LAW John (1990), "Le laboratoire et ses réseaux", in *La science et ses réseaux*, in Callon Michel, La découverte, París.
- MOULAKIS Athanasios (1994), *Beyond Utility. Liberal Education for a Technological Age*, University of Missouri Press, Columbia.
- OBREGÓN Diana (1992), *Sociedades científicas en Colombia*, Banco de la República, Bogotá.
- PERRIN Jacques (1983), *Les transferts de technologie*, La découverte, París.
- RESTREPO Olga (1993), "Naturalistas, saber y sociedad en Colombia", in *Historia natural y ciencias agropecuarias*, Colciencias, Bogotá.
- SAFFORD Frank (1989), *El ideal de lo práctico*, Empresa editorial Universidad Nacional/El áncora editores, Bogotá.
- SHAPIN Steven (1991), "Le technicien invisible", *La recherche*, No. 231, 324-333.
- SHAPIN Steven y SCHAFFER Simon (1993), *Leviathan et la pompe a-*
- SHINN Terry (1980), "Division du savoir et spécificité organisationnelle. Les laboratoires de recherche industrielle en France", *Revue française de sociologie*, Vol. 31, 3-35.
- SIMONDON Gilbert (1958), *Du mode d'existence des objets techniques*, Aubier, París.
- UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA. PROGRAMA UNIVERSITARIO DE INVESTIGACIÓN —PUI— EN EDUCACIÓN
- PROGRAMA DE FORTALECIMIENTO DE LA CAPACIDAD CIENTÍFICA EN LA EDUCACIÓN BÁSICA Y MEDIA RED

