

# I

## CIENCIA Y TECNOLOGÍA EN CONTEXTO SOCIAL



1 Los procesos de construcción  
del conocimiento científico –  
2 La biología en la actualidad –







CAPÍTULO

# 1

## LOS PROCESOS DE CONSTRUCCIÓN DEL CONOCIMIENTO CIENTÍFICO





**Fig. 1-1. CONGRESO EN LA FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES DE LA UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES.** La presentación de hipótesis, modelos y resultados constituye una de las etapas del proceso de construcción del conocimiento científico.

La biología es uno de los campos de estudio de las ciencias naturales y, como tal, al igual que las ciencias sociales, el arte, la filosofía, las costumbres, las creencias, forma parte de la cultura de un conjunto particular de las sociedades, situadas en una época determinada. Así, las ciencias naturales son un cuerpo de conocimientos que integran un sistema de valores, creencias y prácticas sociales que deben ser comprendidas en el momento histórico y social en el cual se desarrollan.

En otras épocas, las prácticas de los naturalistas así como las de los artistas estaban principalmente inspiradas y motivadas en el placer y la excitación que brindaban, porque satisfacían la curiosidad y estimulaban el afán de conocimiento. En este siglo, aunque esas motivaciones persisten, la actividad científica está sujeta a normas más rígidas que se han ido construyendo a medida que las sociedades científicas se constituyeron como instituciones modernas que regulan y evalúan la investigación que a su vez generalmente requiere un importante financiamiento. Al mismo tiempo, en el último siglo se ha producido un cambio de escala en la dimensión del impacto económico, social y ambiental del conocimiento científico-tecnológico, que hace indispensable la reflexión sobre los rumbos y los objetivos de un saber científico que, lejos de ser neutral, involucra valores e intereses que se deben explicitar y analizar críticamente. La ciencia y la tecnología han producido una gran cantidad de resultados cuyo impacto es gigantesco: la bomba de hidrógeno, la vacuna contra la polio, los pesticidas, los plásticos indestructibles, las plantas de energía nuclear, los organismos modificados genéticamente. La ciencia y la tecnología se presentan como áreas transformadoras inmensamente poderosas. Lejos de encandilarnos con sus potencialidades, es necesario comprender que en la actualidad estamos inmersos en diversas encrucijadas relacionadas con los sentidos y las aplicaciones de la ciencia y la tecnología, que involucran a las generaciones actuales y futuras. Por ello es indispensable que la formación científica favorezca la participación consciente de todos los sectores involucrados en la toma de decisiones en este campo, considerando los contextos de producción y aplicación de los desarrollos del conocimiento científico y tecnológico, las controversias, los actores involucrados, los beneficios y riesgos asociados en cada caso.

En este libro recorreremos una gran cantidad de aspectos que componen la biología contemporánea: sus conceptos de base, su historia, procedimientos, preguntas y debates, entre otros. En la elaboración de este texto, nuestra mayor preocupación ha sido proveer al lector del conocimiento necesario para comprender la información biológica que desde los laboratorios de investigación llega a los ciudadanos a

través de textos de divulgación y de los medios de comunicación, en los que su presencia es creciente. Con esta herramienta, esperamos que pueda formular sus propios juicios de valor acerca de los problemas con los que nos enfrentamos y con los que nos enfrentaremos en el porvenir (fig. 1-1).

## CONCEPCIONES DE CIENCIA

El análisis sobre la naturaleza de la ciencia es un tema que preocupa no sólo a los científicos, sino a los filósofos, sociólogos y otros especialistas en diversos campos del conocimiento. Es más, frecuentemente los científicos suelen desarrollar su trabajo sin discutir estas cuestiones, si bien pueden concordar o disentir con diversas concepciones.

Con el propósito de contrastar posturas divergentes, las concepciones sobre la ciencia podrían agruparse en dos grandes corrientes:

- la visión clásica, que concibe a la ciencia como objetiva, neutral y universal e independiente de todo punto de vista particular,
- la visión constructivista social, que considera que la ciencia no “descubre” la realidad a partir de la observación sino que los investigadores se aproximan a la realidad asumiendo un determinado marco teórico que les permite construir modelos.

En la concepción clásica, los científicos se presentan como personajes solitarios y extravagantes que trabajan aislados en sus laboratorios. Los “descubrimientos” aparecen como verdades absolutas. De este modo, al igualar al saber científico con la verdad se establece un criterio de autoridad incuestionable y el conocimiento científico se dogmatiza. Según esta concepción, si la ciencia revela verdades objetivas, universales, neutrales más allá de lo que suceda en la sociedad, ocurre un “progreso” científico que es inevitable, deseable e incuestionable y que la sociedad debe aceptar. Los valores, controversias e intereses en juego se tornan invisibles. Desde este punto de vista, la historia de la ciencia suele transmitir una imagen de la producción científica representada por grandes hitos científicos producidos por hombres aislados.

En la concepción constructivista social, el conocimiento científico se concibe como un modo de producción histórico, social y colectivo. Los conceptos y teorías se sitúan en el momento histórico y en el contexto cultural en el que fueron producidos. En esta visión, la ciencia trabaja construyendo modelos que no son la realidad sino aproximaciones parciales y limitadas de algunas variables que permiten comprender porciones de la realidad. A su vez los modelos de la ciencia son influidos por el entorno social, político, religioso y cultural en el que son concebidos y consensuados. Los temas, estrategias e impactos de la ciencia involucran valores y conflictos en los que intervienen distintos actores sociales.

En el recuadro 1-1 presentamos algunas frases en las que científicos y filósofos enuncian sus ideas sobre la ciencia y que pueden situarse en una u otra concepción, o bien, tomar aspectos de ambas. El lector podrá analizarlas a partir de sus propias ideas y de los conceptos desarrollados hasta ahora (recuadro 1-1).

## Procesos y contextos

Es frecuente que, en concordancia con la visión “clásica” de la ciencia, la actividad científica sea presentada como una aventura intelectual desinteresada, resultado del esfuerzo y la imaginación de mentes brillantes. Sin embargo, en general, el conocimiento científico en las sociedades contemporáneas no se produce sin propósitos previa-



**RECUADRO 1-1**
**Distintas aproximaciones a la definición de ciencia**

*“Este creciente cuerpo de ideas llamado ciencia puede caracterizarse como conocimiento racional, sistemático, exacto, verificable y por consiguiente falible.”*

M. Bunge

*“Al conocimiento científico no se llega aplicando un procedimiento inductivo de inferencia a datos recogidos con anterioridad, sino más bien mediante el método de las hipótesis a título de intentos de respuestas a un problema de estudio y sometiendo luego éstas a la contrastación empírica.”*

C. G. Hempel

*“La función de la ciencia es en parte teórica –explicación– y en parte práctica –predicción y aplicación técnica– [...] ambas funciones son en cierta medida dos aspectos distintos de una y de la misma actividad.”*

K. Popper

*“... la acumulación de un cierto número de hechos, es decir, una pura acumulación de datos de observación o de experiencia, no constituye una ciencia: los hechos deben ser ordenados, interpretados, explicados. Dicho de otro modo, hasta que se somete a un tratamiento teórico, un conocimiento de los hechos no se convierte en una ciencia.”*

A. Koyré

*“En la estrategia de un descubrimiento científico, es mucho más difícil encontrar un problema que una solución para él; lo primero requiere imaginación, lo último sólo ingenuidad.”*

J. Bernal

*“Es sólo una herramienta... Pero con mucho la mejor herramienta de que disponemos, que se autocorriga, que sigue funcionando, que se aplica a todo. Tiene dos reglas: 1) no hay verdades sagradas, todas las suposiciones se han de examinar críticamente; los argumentos de autoridad carecen de valor; 2) hay que descartar o revisar todo lo que no cuadre con los hechos. Tenemos que comprender el cosmos tal como es y no confundir lo que es con lo que queremos que sea... Lo obvio es a veces falso, lo inesperado es a veces cierto.”*

C. Sagan

*“La ciencia no es sólo una colección de leyes, un catálogo de hechos sin mutua relación. Es una creación del espíritu humano con sus ideas y conceptos libremente inventados. Las teorías físicas tratan de ser*

*una imagen de la realidad y de establecer su relación con el amplio mundo de las impresiones sensoriales. Luego, la única justificación de nuestras estructuras mentales está en el grado y la norma en que las teorías logren dicha relación.”*

A. Einstein

*“En principio, es incorrecto el intentar fundar una teoría sobre magnitudes observables aisladas. Es la teoría la que decide qué es lo que podemos observar.”*

A. Einstein

*“... la construcción de las ciencias forma parte de la aventura humana en la que nos comunicamos y construimos juntos nuestra historia.”*

G. Fourez

*“La ciencia es incierta, porque es producción, cambio, fluir, florecimiento posible.”*

Mario Heler

*“La ciencia es una aproximación potente de aprehender el mundo pero no es la única.”*

I. Prigogine

*“La ciencia es una actividad condicionada social e históricamente, llevada a cabo por científicos individualmente subjetivos, pero colectivamente críticos, selectivos, poseedores de diferentes estrategias metodológicas que abarcan procesos de creación intelectual, validación empírica y selección crítica, a través de las cuales se construye un conocimiento temporal y relativo que cambia y se desarrolla permanentemente.”*

D. Hodson

*“Ciencia es todo aquello sobre lo cual siempre cabe discusión.”*

J. Ortega y Gasset

*“Ciencia es el arte de crear ilusiones convenientes, que el necio acepta o disputa, pero de cuyo ingenio goza el estudioso, sin cegarse ante el hecho de que tales ilusiones son otros tantos velos para ocultar las profundas tinieblas de lo insondable.”*

C. Gustav Jung

mente determinados y sus direcciones no son definidas exclusivamente por los científicos o grupos de investigación en forma aislada. Por ello, la producción científica en diferentes campos disciplinares no se desarrolla de manera aleatoria o equilibrada, con la misma velocidad y magnitud en todas las áreas. Por el contrario, en diferentes momentos, algunas disciplinas o ramas disciplinares resultan claramente hegemónicas, mientras otras quedan reducidas a una mínima expresión o incluso desaparecen.

Para comprender las complejas relaciones existentes entre la ciencia, la tecnología y la sociedad, es de gran utilidad analizar el problema desde diversas perspectivas. Por un lado, situándonos en el contexto actual, resulta claro que la actividad científica no es llevada a cabo por científicos aislados sino desarrollada por equipos de inves-

tigación que trabajan en el marco de instituciones y generalmente requiere la inversión de importantes recursos económicos. Es necesario entonces comprender cómo funcionan esos equipos, cuáles son las reglas de asignación de recursos económicos que sustentan su tarea, cómo definen sus temas, cómo dan a conocer sus resultados, cómo y quiénes evalúan y legitiman el conocimiento producido (fig. 1-2).

Por otra parte, dado que la actividad científica se desarrolla en un determinado contexto social y cultural –que varía en diferentes épocas y espacios geográficos–, para analizar la situación actual es necesario situarla como un momento particular de un proceso histórico. Para ello, una adecuada comprensión de la historia de la ciencia favorecerá una más completa percepción de la complejidad de esta problemática en el presente.



**Fig. 1-2. INTERCAMBIO ENTRE CIENTÍFICOS.** El debate entre pares contribuye a poner a prueba las ideas y experiencias, a generar instancias de colaboración y promover proyectos conjuntos entre distintos grupos de investigación.

Las restricciones y orientaciones de la actividad científica en diferentes momentos y contextos están dadas por condicionamientos tales como la definición de temas prioritarios, la disponibilidad de fuentes de financiamiento, la posibilidad de superar obstáculos técnicos, la necesidad de inscribirse en marcos teóricos y enfoques metodológicos considerados como aceptables por la comunidad científica, así como por la reputación de cada científico, de los grupos de trabajo y de las instituciones donde se produce, entre otros factores. A su vez, la relación existente entre los científicos y sus producciones está estrechamente vinculada con sus compromisos académicos, económicos, sus valores personales, sociales y éticos, entre otras variables complejas, las que a su vez influyen unas en otras.

Como expresara el neurobiólogo Steven Rose:

*“La ciencia que hacemos, las teorías que preferimos y las tecnologías que empleamos y creamos como parte de esa ciencia jamás se pueden divorciar del contexto social en el cual se las crea, de los propósitos de quienes las financian ni de las visiones del mundo en las cuales buscamos y hallamos respuestas apropiadas.”*

## Las relaciones entre la ciencia y la tecnología

Un primer aspecto que debe ser considerado para comprender las relaciones entre la ciencia y la sociedad es analizar las complejas relaciones existentes entre la ciencia y la tecnología. Es aún frecuente que en textos de ciencia o de divulgación científica se asuma una distinción entre ciencia pura, ciencia aplicada y tecnología, sugiriendo la idea de que existe una relación jerárquica y casi lineal entre estos tres campos, en la que la ciencia pura —que aporta conocimientos básicos sobre la naturaleza— se encontraría en el sitio de mayor jerarquía, alimentando campos de investigación aplicados y futuros desarrollos tecnológicos. La representación lineal y jerárquica de las relaciones “ciencia pura-ciencia aplicada-tecnología” supone también que las teorías y modelos de la ciencia son necesariamente benéficos o, en su defecto, neutros, es decir, ni buenos ni malos. Desde esta perspectiva, sólo sus usos harían necesaria una reflexión en cuanto a los valores que involucran, es decir, su apreciación ética. En pocas palabras, el

problema de la elección y la responsabilidad ética sólo se presentaría como un problema para afrontar en el caso de la aplicación de la ciencia y los desarrollos tecnológicos que pudieran surgir de esas aplicaciones, pero no en relación con los temas que aborda la ciencia llamada básica.

Esta manera de entender las relaciones entre ciencia, tecnología y sociedad en la actualidad ha sido ampliamente revisada por los estudios críticos sobre la producción del conocimiento científico. Diversas corrientes proponen que, en la mayor parte de los casos, los principales campos de investigación en el presente muestran que ciencia y tecnología son dos caras inseparables de la misma moneda; algunos autores proponen el concepto de tecnociencia para definir esta etapa de la investigación científica y sus producciones. Algunos desarrollos de gran impacto social, como la biotecnología, la nanotecnología, la geoingeniería, entre otros, constituyen ejemplos de tecnociencia.

## Ideas sobre progreso

La biología es una de las ramas de las ciencias naturales que más desarrollo ha tenido durante el siglo pasado y el presente. Los nuevos conocimientos en el campo de la biología celular y molecular, la genética, la ecología y la neurobiología han sido muy significativos para la comprensión de procesos y patrones biológicos en diferentes escalas, y han tenido y tienen un fuerte impacto en la industria, la medicina y la agricultura, entre otros campos. En la actualidad, los conocimientos biológicos permiten comprender y enfrentar ciertos problemas de gran relevancia tales como los mecanismos involucrados en las enfermedades infecciosas y su tratamiento, la dinámica de la biodiversidad o el uso sustentable de los recursos ecosistémicos, entre otros aspectos. Sin embargo, esta visión parcial puede conducir a la falsa impresión de que todo desarrollo científico constituye necesariamente un aporte para el progreso de la sociedad.

Un aspecto importante que cuestiona la idea de progreso asociado al desarrollo científico es la consideración de los riesgos asociados a la ciencia y la tecnología. Esta preocupación se instaló claramente luego de la Segunda Guerra Mundial, como resultado de la alarma que provocó la toma de conciencia acerca del inmenso poder destructivo de la energía nuclear empleada con fines bélicos. Pero a fines de la década de 1960, la preocupación acerca de los riesgos científico-tecnológicos se hizo extensiva a problemáticas no vinculadas con la guerra: accidentes nucleares, derrames de petróleo, desastres sanitarios debidos al uso de productos farmacéuticos, impactos ambientales de agroquímicos, pusieron definitivamente en jaque el optimismo de la sociedad acerca de las bondades del llamado “progreso científico” (fig. 1-3). El impacto social y político de estos temas se manifestó a través del desarrollo de movimientos sociales contraculturales que, tanto en Estados Unidos como en varios países de Europa, pusieron el foco en la denuncia de los riesgos asociados a la ciencia y la tecnología. Estos movimientos abrieron un debate político y teórico que comenzó a cuestionar las bases del modelo lineal de desarrollo de la ciencia y la tecnología, poniendo en duda la legitimidad de la regulación interna de la actividad científica y la innovación tecnológica y abriendo el camino para la reflexión acerca de la necesidad de un mayor protagonismo de toda la sociedad en las decisiones científico-tecnológicas.

## Ética en la investigación científica

El problema central de la ética se asienta en la fundamentación de normas legítimas de convivencia, para la acción y para la interacción entre seres humanos.



**Fig. 1-3. DERRAME DE PETRÓLEO.** Los impactos humanos y ambientales derivados de la actividad científica y tecnológica cuestionan la mirada optimista que sólo la vincula con la idea de progreso ilimitado y pone en evidencia la necesidad de considerar los riesgos asociados.

Algunos autores distinguen la diferencia entre “moral”, entendida como un conjunto de normas y valores aceptados por una comunidad determinada para regular las relaciones entre sus miembros, y “ética”, entendida como un concepto más abarcativo que comprende un conjunto de normas aceptadas por comunidades con diferentes valores morales, que permite una convivencia armoniosa, respetuosa y cooperativa en la diversidad. Otros autores consideran que la ética constituye un ámbito de reflexión crítica sobre la moral. A su vez, la ética puede plasmarse en un marco regulatorio para ciertas prácticas, por ejemplo, la práctica científica. En particular, en las últimas décadas se ha constituido formalmente el área de la Bioética, que establece determinados principios que actúan como un esquema regulatorio para evaluar las prácticas relacionadas con la actividad científica, tecnológica y médica.

Uno de los aspectos que deben ser reconocidos es que tanto la moral como la ética no son únicas ni neutrales, ya que varían tanto entre sociedades diferentes para un determinado momento, como así también a través del tiempo en un mismo sitio. Estas normas no son individuales sino que están pautadas por ciertos valores sociales imperantes, los cuales son reproducidos a través de diferentes instancias y mecanismos culturales, legales e institucionales. Cabe señalar que siempre es posible que existan tensiones y debates en torno a los presupuestos, formas de ver y razonamientos, y que en estas discusiones están involucrados diversos actores sociales e intereses a veces contrapuestos. Así, el debate ético en relación con la ciencia y la tecnología resulta insoslayable porque los beneficios y los riesgos asociados a sus producciones afectan diferencialmente a distintos actores sociales. Por ejemplo, nuevas tecnologías como la biotecnología aplicada a la producción agrícola cambian las formas de vida de la gente y transforman su ambiente. Por ello, las decisiones relativas a este tipo de cambios no pueden ser patrimonio exclusivo de los expertos ni de los gobernantes sino que deben estar sujetas a discusión pública para discernir, de manera consensuada, cuáles son las innovaciones deseables y éticamente aceptables en cada contexto social.

### Comunicación y divulgación del conocimiento científico

El creciente impacto de las actividades científicas y tecnológicas en la cultura en general ha llevado a la preocupación por mejorar e

incrementar la difusión de la ciencia de modo que diferentes grupos sociales, no sólo los expertos científicos y tecnólogos, o los políticos y sus asesores, puedan intervenir para encauzar, regular y debatir sobre su desarrollo (fig. 1-4). Los estudios científicos y técnicos pueden comunicarse en informes, artículos (o *papers*), lo que permite que la información circule entre los especialistas. Últimamente, gracias al acceso a Internet, algunos sectores de la sociedad pueden encontrar diversos sitios autorizados que permiten acceder a resultados y artículos científicos. Otros materiales se pueden encontrar en bibliotecas especializadas, pertenecientes a centros de investigación o universidades. La gran dificultad para los países iberoamericanos es que, conforme a la modalidad impuesta por las revistas científicas más prestigiosas, esos artículos deben estar escritos en inglés. Al mismo tiempo, generalmente este tipo de publicaciones suelen ser muy detalladas y específicas para el público en general ya que las revistas especializadas exigen ciertas normas para su escritura. Por ello, es fundamental la tarea de los comunicadores de la ciencia que asumen la responsabilidad de elaborar diversas estrategias, tales como charlas públicas, debates, exhibiciones en museos, publicaciones en revistas, diarios y otros medios de comunicación masiva, teatro científico, documentales para televisión o conferencias, entre otras actividades. Se asume que los comunicadores o periodistas científicos que se dedican a esta tarea son los encargados de interpretar el conocimiento científico y hacerlo accesible a todos los ciudadanos. La divulgación científica puede enmarcarse dentro de esta tarea general de comunicación. Cabe señalar que también en esta esfera, hay diferentes maneras de hacerlo, que se vinculan, sin duda, con las concepciones acerca de la ciencia, del quehacer científico y de las relaciones entre ciencia y sociedad que tengan los comunicadores.

Hay diversas corrientes en la concepción de la comunicación de la ciencia, que podríamos agrupar en dos grandes categorías que pueden ser contrastadas:

- El saber científico es benéfico, certero y neutral. El conocimiento se encuentra del lado del experto o del comunicador y el interlocutor ignora todo. La simplificación y la trivialización son sus modos de hacerlo accesible. Promueve la fascinación por la ciencia y sus productos.
- El saber científico es un producto cultural y contextual, contiene valores e involucra la noción de incertidumbre. No es un producto acabado sino que está en constante revisión y tensión, de modo que debe ser compartido haciendo visibles los procesos, debates y valores. Promueve el pensamiento crítico.



**Fig. 1-4. COMUNICACIÓN SOCIAL DE LA CIENCIA EN LOS MUSEOS.** Los museos son espacios abiertos al público que pueden contribuir a la democratización del conocimiento científico.





**Fig. 1-5. PORTADAS DE REVISTAS ESPECIALIZADAS EN CIENCIA, TECNOLOGÍA Y SOCIEDAD.** Las revistas especializadas constituyen una instancia de comunicación y validación del conocimiento científico. Actualmente, el campo de estudio de las relaciones entre la ciencia, la tecnología y la sociedad se nutre de una creciente variedad de grupos de investigación y cuenta con diversas publicaciones específicas.

En este libro adherimos a esta última postura ya que consideramos que refleja una concepción actualizada acerca de la ciencia, sus procesos, productos e impactos, y porque contribuye a la participación social.

Desde hace algunas décadas, un incremento en la sensibilidad social e institucional sobre la necesidad de una regulación pública del cambio científico-tecnológico y el desarrollo de diversos estudios de las ciencias sociales y la filosofía han confluído, dando lugar a nuevos campos de investigación sobre las relaciones entre la ciencia, la tecnología, la sociedad y el ambiente (fig. 1-5). Al mismo tiempo,



**Fig. 1-6. EN DEFENSA DEL ENTORNO.** En la actualidad numerosos movimientos sociales protagonizan las demandas de amplios sectores de la sociedad en defensa de los bienes comunes de la naturaleza.

por la gran significatividad e impacto social y ambiental de la ciencia y la tecnología, crecientemente se experimenta la necesidad de que las decisiones de los expertos se desplacen al conjunto de la sociedad (fig. 1-6).

Además de proporcionar un conocimiento actualizado y dinámico sobre el mundo biológico, este libro se propone brindar elementos y propuestas para que ese conocimiento pueda integrarse a la reflexión sobre problemas complejos y contribuir a la participación ciudadana en la resolución de conflictos que atañen a la vida en comunidad.