METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION TECNICA

*Juan Carlos Cernuda**

Se analiza aquí el concepto de técnica en sus distintas acepciones y se pone énfasis en la necesidad de constituirlo en un objeto de investigación para poder desarrollar tecnologías a partir de conocimientos científicos disponibles y de la codificación de técnicas aún no sistematizadas para incorporarlas al acervo científico de la sociedad.

I. La técnica, un modo de hacer una cosa

La técnica se refiere a un modo de hacer una cosa, al procedimiento utilizado para ello.

Ortega y Gasset ha hecho una distinción entre los distintos sentidos de la palabra técnica: a) la técnica del azar, que utilizaban los hombres primitivos y era accesible a todos los integrantes de la comunidad, casi confundiéndose con los actos naturales; b) las técnicas del artesano, presentes en la Antigüedad y la Edad Media, propias de algunas comunidades como una manera de diferenciarse de las demás; c) la técnica de los técnicos tal como se presenta en la actualidad y marca una diferencia neta con los no técnicos y también con los artesanos y obreros.

La "técnica de los técnicos", como la denomina Ortega , se aproximaría

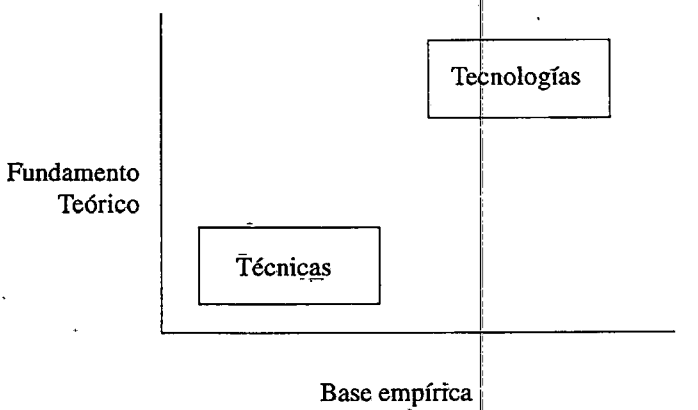
* Profesor Titular Ordinario de Metodología del Trabajo Científico, Universidad Nacional de Entre Ríos. Director del Magister Scientiae en Metodología de la Investigación Científica y Técnica, Universidad Nacional de Entre Ríos.

al concepto de "tecnología" que se utiliza actualmente, en diversos autores como Miguel Angel Quintanilla, Mario Bunge, Rogers, Mumford y otros. La tecnología sería la técnica que tiene un sustento empírico y teórico.

Si se restringe el concepto de técnica a la "técnica de los técnicos" o las "técnicas que tienen fundamento teórico y base empírica", se dejan de lado un conjunto de prácticas sociales que, por no estar codificadas formalmente, no se considerarían como objeto de investigación. Toda técnica, por artesanal que sea, puede ser tratada como un objeto de investigación con el fin de codificar su accionar y poder incorporarlo como un conocimiento público que pueda ser compartido por los integrantes de la comunidad científica.

En este trabajo se utilizará el término **técnica** de una manera más general e inclusiva que el de **tecnología** para no restringirlo solamente a las técnicas con fundamento científico. El gráfico siguiente describe el espacio dentro del cual se ubican las técnicas con distintos grados de fundamentación teórica y puesta a prueba empíricamente. En el ángulo inferior izquierdo se encuentran aquellas técnicas más cercanas al trabajo artesanal o natural con poca o ninguna formalización teórica o empírica. En el ángulo superior derecho se ubican la técnicas con una sólida fundamentación teórica y empírica y que son denominadas "tecnologías" por un número importante de autores. Las tecnologías son técnicas fundamentadas teóricamente y probadas empíricamente.

Ubicación de los distintos tipos de técnicas



II. La relación entre ciencia y tecnología

Bunge (1985) sostiene, como se desarrolla a continuación, que la ciencia y la tecnología tienen elementos en común que permiten abordarlas de manera similar:

1- La comunidad científica que lleva a cabo la actividad investigativa (C).

2- Una sociedad que estimula o inhibe a la comunidad científica para que lleven a buen fin su actividad (S).

3- Dominio o universo del discurso que constituye el conjunto de objetos a observar (D).

Un marco conceptual que incluye los siguientes componentes:

4- Una concepción filosófica o visión general que incluye una ontología de cosas cambiantes, una gnoseología realista y un *ethos* de la libre búsqueda de la verdad (G).

5- Un fondo específico que incluye un conjunto de teorías, hipótesis y datos al día y razonablemente bien confirmados (pero no definitivos) obtenidos de otros campos (E).

6- Un fondo acumulado que incluye un conjunto de teorías, hipótesis y datos al día y razonablemente bien confirmados (pero no definitivos) obtenidos del mismo campo en épocas anteriores (A).

7- Un fondo formal constituido por el conjunto de teorías lógicas y matemáticas al día (F).

8- Una problemática o conjunto de problemas cognitivos concernientes a: la naturaleza de los miembros de D a G, la aplicabilidad de las herramientas de F, la confiabilidad de los supuestos de E o el valor de verdad de A, eteétera (P).

9- Un conjunto de objetivos, que se refieren al descubrimiento de las leyes de los miembros de D, la sistematización (en modelos o teorías) de hipótesis acerca de los D y el refinamiento de los métodos generales y especiales (O).

10- Una metódica: el conjunto de métodos generales y especiales o técnicas que deben ser escrutables (analizables y criticables), empíricamente contrastables (con sus resultados y con otros métodos) y justificables teóricamente (M).

Además, dos cuestiones:

11- Cada uno de los componentes cambia en el tiempo como resultado de nuevas investigaciones.

12- Cada ciencia tiene otro campo de investigación contiguo.

Los componentes enumerados se pueden representar simbólicamente como sigue: ciencia (C,S,D,G,E,A,F,P,O,M)

En cuanto a la tecnología, que es un campo de conocimiento que tiene sus bases científicas, se tiene que su composición es la siguiente:
T (C,S,D,G,F,E,P,A,O,M,V)

Los componentes son similares a los de la ciencia, con una orientación mayor hacia la utilización de artefactos o planes de acción.

Tal vez valga aclarar dos de ellos:

i) M o metódica, que consta exclusivamente de procedimientos escrutables

(contrastables, analizables, criticables) y justificables (explicables) e involucra, a su vez :

a) el método científico (problema cognoscitivo-hipótesis-contrastación corrección del diseño o reformulación del problema).

b) el método tecnológico, que se caracteriza por la siguiente secuencia:

1) reconocimiento de un problema práctico

2) formulación del problema

3) búsqueda de los principios (leyes o reglas) y datos necesarios para resolver el problema

4) diseño de la cosa, estado o proceso que tal vez resuelva el problema en alguna aproximación

5) construcción de un modelo en escala

6) construcción de un prototipo (máquina, grupo experimental, programa social en pequeña escala, etcétera)

7) pruebas

8) evaluación

9) revisión crítica del diseño, de las pruebas o del problema

i) valores, V, de la tecnología, que se refiere al conjunto de juicios de valor acerca de los procesos, materiales y organizaciones involucrados en la producción y utilización tecnológica.

Semejante rigurosidad, planteada por Bunge (1985), en el desarrollo de todos los componentes señalados, sólo es posible en campos del conocimiento muy sistematizados de la técnica (la tecnología). Sin embargo, y contrariamente al planteo hecho por Bunge, existen otras técnicas que, por razones sociales, geográficas, de aparición reciente, etcétera, no han logrado un nivel de codificación semejante y pueden, no obstante, ser abordadas con adaptaciones metodológicas convenientes. De esta forma se puede conocer la lógica que rige su funcionamiento y enriquecer el conjunto de conocimientos científicos existentes.

III. Investigación científica e investigación técnica

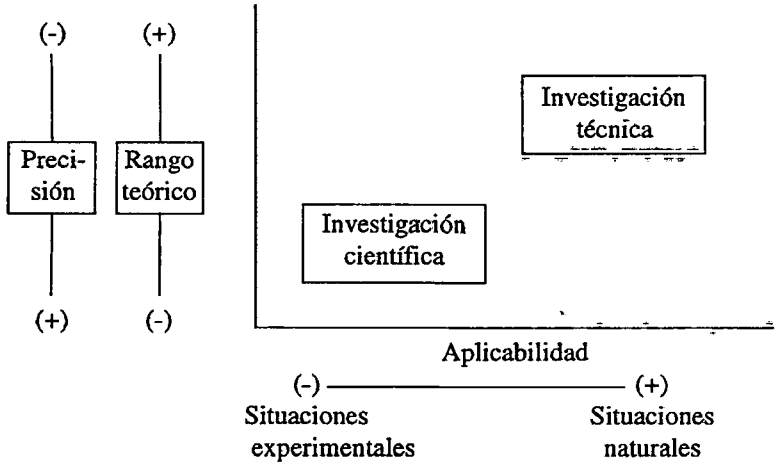
Para poder llevar a cabo investigaciones técnicas se necesita menos precisión y profundidad teórica que en la investigación científica. Al realizar investigaciones técnicas cuyos resultados puedan ser utilizados para modificar la realidad es necesario tener modelos más amplios (e interdisciplinarios) que tomen en cuenta mayor número de variables, lo que supone aumentar el **rango de la teorización** para mejorar el tratamiento de situaciones naturales aunque se pierda en **precisión o exactitud**. Estas dos características parece que van en sentido contrario: al aumentar una, disminuye la otra. Pero el rango o número de variables incorporadas en el modelo es condición indispensable para su utilidad práctica o sea, su **aplicabilidad.**

Se podría sugerir la siguiente hipótesis: "la aplicabilidad de la investiga-

ción, su capacidad de impacto en la práctica, está ligada directamente con el rango teórico y éste es inverso a la precisión". Es decir que cuando la investigación es muy analítica o precisa, utilizando diseños que consideran un número reducido de variables (bajo rango teórico), será probablemente menos aplicable o con menor capacidad para transferir los resultados a situaciones no experimentales.

En el siguiente cuadro se puede observar esta relación.

Relación de la investigación científica con la investigación técnica



En general, son las facultades de ciencias puras (Física, Biología, Matemáticas, Química, etcétera) las que tratan por medio de sus disciplinas de enseñar cómo es y cómo funciona la realidad que nos rodea. En cambio, son las facultades técnicas (Agronomía, Ingenierías, Medicina, Veterinaria, etcétera) las que se preocupan más por cómo hacer determinados artefactos (cultivos, medicamentos, planes de enseñanza, planes de organización administrativa, etcétera), que produzcan ciertas características deseables en la realidad. Es decir que las facultades técnicas deberían poder diseñar un conjunto de acciones que permitan transformar una determinada situación en otra que satisfaga más, de acuerdo con ciertos objetivos. Determinar las condiciones más aceptables para realizar una siembra no difiere desde el punto de vista lógico de la preparación de las condiciones aceptables para realizar un proceso de organización en una determinada comunidad. Ambas acciones son proyectos o diseños que se realizan a partir de cierto conocimiento de la realidad y de ciertos objetivos para transformarla en otra considerada más deseable.

La búsqueda de aquellas alternativas de acción que nos permitan modificar una realidad dada en otra deseable se hace a partir de un conjunto finito

de ellas y por lo tanto deja de buscarse lo óptimo para, en su lugar, tratar de encontrar lo que satisfaga en mayor medida ciertos criterios. De todas las posibilidades, ¿cuál es la que satisface en mayor grado los criterios que se han elegido como importantes?

Esta aceptación relativa y no absoluta de ciertas acciones y no de otras está relacionada con la cuestión de la **verificación**. Probablemente será mejor hablar de **grados de verificación o niveles de verificación.**

Para diseñar una adecuada manera de proceder sobre la realidad es necesario, como se apuntaba más arriba, conocer esa realidad que actuará como un conjunto de restricciones sobre las que habrá que intervenir para lograr los objetivos propuestos. La investigación técnica pone el énfasis en las maneras en que el investigador, valiéndose de la ciencia, puede actuar sobre la realidad para transformarla sin afectar su integridad.

Cuando las investigaciones van más allá de las posibilidades de los sentidos y precisión humana es necesario acudir a las técnicas para que presten su ayuda. Los telescopios, los microscopios, los aceleradores de partículas, las balanzas de precisión, etcétera, permiten avanzar en las investigaciones que de otra manera no se hubiesen podido realizar. Por otra parte, los resultados que se obtienen a partir de técnicas sofisticadas requieren cada vez teorías más potentes para poder interpretarlos. Es decir que los desarrollos científico y técnico son simultáneos debido a la estrecha relación que existe entre ambos componentes. Esta estrecha interacción no impide que se marquen algunas diferencias.

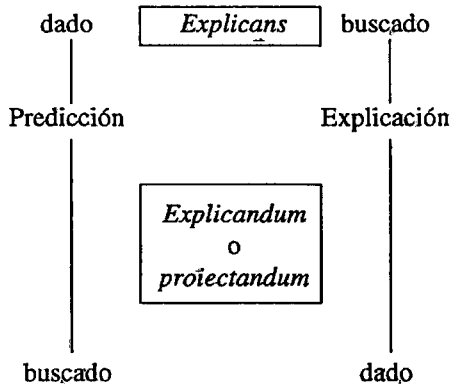
La investigación tiene dos funciones principales: predecir y explicar.

Las **explicaciones,** más frecuentes en la investigación científica, tratan de responder a la pregunta "¿por qué?". Existe un fenómeno que se quiere explicar, denominado *explicandum*, y para hacerlo se requiere conocer un conjunto de leyes que rigen el sistema y las circunstancias en que dichas leyes actúan. Las leyes y circunstancias se denominan *explicans*.

Las **predicciones**, más frecuentes en la investigación técnica, responden a cuestiones tales como: "¿Qué ocurrirá en Y si se produce X?".

La predicción se caracteriza por: a) anticipar el conocimiento de algo, b) contrastar teorías, c) guiar la acción. La estructura lógica de la predicción es similar a la de la explicación: el *proyectandum*, que sería análogo a *explicandum* pero que aún no ocurrió, y el *explicans*, que al igual que ocurre con la explicación está conformado por leyes y circunstancias.

La diferencia entre explicación y predicción estaría dada por la dirección contraria que tienen entre sí, entre "lo dado" (el fenómeno o problema a resolver) y "lo buscado". En la explicación se tiene presente el problema a resolver (el *explicandum*) y se busca una explicación (el *explicans* compuesto por leyes y circunstancias). En la predicción se tiene presente el *explicans* (compuesto por leyes y circunstancias) y se busca el *proiectandum* (situación futura que se espera que ocurrirá).



En la predicción "lo dado es el *explicans* y se predice el *proïectandum*.
En la Explicación "lo dado" es el *explicandum* y se busca el *explicans*.
El esquema lógico de la explicación y predicción se puede ver a continuación.

1. Leyes y teorías
2. Condiciones iniciales

---

3. Predicción y explicación

Ejemplo de **Predicción**
1. El agua hierve a los 100° a nivel del mar.
2. Este recipiente con agua está a nivel del mar.
3. Entonces si se eleva el agua del recipiente a 100° ésta hervirá (predicción).

Ejemplo de **Explicación**
1. El agua hierve a los 100° a nivel del mar.
2. Este recipiente con agua está a nivel del mar y a 100°.
3. Por eso el agua hierve.

La predicción, para que sea científica, tiene que conocer las leyes del sistema que hacen que dada una situación o circunstancia X en un determinado sistema de la realidad éste evolucionará a un sistema Y. La comprensión de esta evolución esta dada por las leyes del *explicans*. En caso de no conocerse estas leyes sólo se puede predecir por experiencias pasadas, lo que transforma a la predicción en una simple correlación.

La ciencia tiene por finalidad también comprender la estructura del sistema. Estudiar la configuración de un determinado sistema permite conocer los elementos indispensables para luego conocer su evolución. Los modos de organización del sistema bajo estudio ¿implican también la propuesta de

hipótesis al respecto y la puesta a prueba de ellas? ¿Es el sistema en estudio de tal forma o de tal otra? Conocer los modos de organización del sistema es fundamental para saber cómo evolucionará. El sistema en estudio es el *explicans* a partir del conocimiento del cual podrá predecir el *proiectandum*.

Las funciones de la teoría son explicar y predecir. Ambas interaccionan, ya que al predecir correctamente aumenta la credibilidad en la explicación y al hacerse más creíble la explicación, mayor es la confianza que se tiene en la predicción. Por otra parte al aumentar la confianza en la predicción y explicación de una teoría, aumenta la potencia de ésta.

La investigación técnica tiene como objetivo principal el producir o evitar cambios en un determinado sistema.

Si se conoce una ley tan simple como "el agua hierve a los 100° a nivel del mar", de ella se desprende una "fórmula nomopragmática" que dice, "si se calienta el agua a más de 100° se observará que hierve". Esta fórmula, que se desprende de la ley, permite aproximarse al plano del sistema en el cual se quiere transformar. Es así como pueden sugerirse dos reglas técnicas:

a) producir una situación: para que el agua hierva hay que calentarla a más de 100° a nivel del mar.

b) evitar una situación: para que el agua no hierva hay que impedir que llegue a los 100° a nivel del mar.

Es decir que las reglas de acción surgen del conocimiento de la estructura del sistema y de sus formas de evolución.

IV. Diseño y objeto artificial

La intervención técnica supone la activa participación del hombre, quien crea artefactos, es decir estados, procesos, sistemas artificiales o acciones intencionales.

Es de suma importancia comprender dos términos estrechamente ligados a la técnica: el de objeto artificial (a diferencia del natural) y el de diseño, que supone una concepción del objeto antes de actuar sobre él (Simon, 1979. Quintanilla, 1991). Los objetos artificiales son diseñados por el hombre y todo diseño es de un artefacto que puede llegar a ser tal. Lo artificial incluye muchas cosas: herramientas y máquinas, procesos controlados o puestos en marcha por el hombre, organismos seleccionados o creados por el hombre, organizaciones sociales y planes de acción. Todo lo artificial es realizado por el hombre pero no todo lo que realiza el hombre es artificial. Para ser artificial requiere haber sido diseñado, es decir que debe haber una intención de realización.

Sería artificial toda cosa, estado o proceso controlado o realizado en forma deliberada por el hombre utilizando conocimientos existentes o creados expresamente.

La creación de un objeto artificial requiere una elección racional frente a diferentes alternativas y debe perseguir algún objetivo de utilidad social.

Un diseño o proyecto técnico es una representación anticipada de un objeto (cosa, estado o proceso) artificial con ayuda de algún conocimiento científico. Todo diseño técnico se compone de una colección de diagramas y un texto. Los diagramas pueden ser planos, organigramas, etcétera. Los textos pueden contener símbolos especiales y códigos para descifrar los diagramas; también pueden incluir fórmulas matemáticas y químicas.

V. Relación entre ciencia y técnica

La técnica permitiría un amplio campo de investigación, diseño y planeamiento que utiliza conocimientos científicos para poder controlar cosas, procesos naturales, diseñar artefactos, procesos o concebir operaciones de forma racional. Tomado de esta forma, la Agronomía, la Veterinaria y la Medicina serían biotecnologías y las Ciencias de la Administración, el Servicio Social y la Educación, sociotecnologías.

La técnica actúa, a partir de información disponible, sobre sistemas, materiales o sociales, para reforzar o modificar ciertos aspectos de su organización.

La relación entre información y sistema, material o social es diferente en la ciencia y técnica.

La ciencia tiene por objetivo buscar información suplementaria sobre el sistema objetivo para representarla conceptualmente. Para producir este conocimiento será necesario, a veces, destruir el mismo sistema en estudio.

La técnica, por el contrario, parte de una representación conceptual del sistema (leyes, reglas, etcétera) y trata de utilizarla para producir modificaciones o preservar el sistema objetivo.

Es decir que la relación de ciencia y técnica se da al menos en dos cuestiones: el conocimiento brindado por la ciencia le permite a la técnica conocer la estructura y evolución del sistema y, consecuentemente, actuar sobre él.

El método científico también se utiliza en la investigación técnica, como se señaló más arriba.

La técnica requiere ciertos conocimientos: a) acerca de los materiales a los que se aplica, b)condiciones que debe reunir el sistema al cual se va a aplicar, c) objetivos que se persiguen con su aplicación, d) conjunto de normas y reglas que deberán ser tenidas en cuenta para realizar las operaciones necesarias para lograr los objetivos propuestos.

La técnica es un sistema de acciones que se realiza con la intención de modificar determinadas estructuras de la realidad para obtener ciertos objetivos explícitamente planteados por ser considerados valiosos.

Si la ciencia se utiliza como un instrumento para tomar decisiones sobre

diferentes aspectos de la realidad en función de objetivos determinados en forma participativa y democrática, entonces el procedimiento lógico es el siguiente: para decidir qué acciones realizar es necesario predecir que ocurrirá si se inicia la acción A o la B o la C, etcétera. Para poder predecir, como se vio más arriba, hay que poder explicar el comportamiento del sistema. La explicación debe permitir realizar predicciones adecuadas para tomar decisiones en función de objetivos establecidos. Es decir que no tiene importancia la explicación por sí misma sino la que permite predecir. En función de esto la descripción o diagnóstico del sistema debe estar orientada a aquellos aspectos que la explicación requiere para una predicción y consecuente decisión adecuada.

Algunos autores (Bunge,1969) consideran que la influencia más notable que la ciencia ejerce en la sociedad es la generación de una **técnica** esencialmente nueva a partir de investigaciones básicas, orientadas al descubrimiento.

A partir de la ciencia básica pueden generarse **técnicas basadas en la ciencia** completamente nuevas y a diversas escalas. El conocimiento que se acumula en los archivos científicos puede considerarse como un recurso inmenso que hay que explotar por sus aplicaciones tecnológicas insospechadas.

Otros autores (Varsavsky, 1971, Ziman, 1968,1986) consideran que muchas técnicas tradicionales (no consideradas "tecnologías") se han estudiado detalladamente y se ha comprobado que debajo de ellas había una lógica compatible con la que utiliza la comunidad científica. En casi todos los campos de la actividad práctica, técnicas tales como la agricultura, la ingeniería civil, el tratamiento de alimentos, la arquitectura, etcétera, han creado sus respectivas "ciencias" para que sirvan de guía a los nuevos progresos técnicos.

Inventores, agricultores, mecánicos de automóvil, constructores y otras personas que ejercen innumerables profesiones especializadas adquieren una idea general y aproximada de los puntos de vista científicos de su tiempo y los aplican sencillamente a la resolución de problemas cotidianos. Estas aplicaciones de la ciencia están tan difundidas y son tan intangibles que con frecuencia se pasan por alto.

Uno de los problemas más enmarañados del estudio de la ciencia y la técnica es la relación entre estos dos términos. Hasta hace poco se acostumbraba a distinguir entre la ciencia como generación de conocimientos primariamente por el conocimiento mismo y la tecnología como conjunto de conocimiento relativo a una técnica práctica; atendiendo siempre a la idea de que toda técnica está comprometida con los principios reguladores de la ciencia. Históricamente hablando, toda técnica tiende a quedar más y más sujeta a los controles metodológicos característicos de la ciencia. Un oficio práctico como la alfarería o la labranza puede haberse transmitido de

un generación a otra mediante el aprendizaje imitativo con muy poca instrucción formal. Cualquier intento de codificar este conocimiento lo hace explícito y lo introduce forzosamente en un marco de categorías públicas. Dicho de otro modo, la información relativa a la técnica se convierte progresivamente en parte de la esfera de la ciencia con todas sus implicaciones, en la que se valida el conocimiento de acuerdo con los principios epistemológicos aceptadas por la comunidad científica.

Hay una tendencia histórica a codificar todos los oficios en forma de técnicas; esta tendencia es característica de la ciencia en la sociedad moderna.

Quizá, como sostienen algunos autores, **toda** la investigación científica sea una forma de investigación técnica, generada por las necesidades materiales de la sociedad.

El papel de la investigación científica en la sociedad es, pues, inseparable del papel de la investigación técnica. No son más que dos aspectos de una actividad indivisible: **ciencia y técnica**.

La ciencia y la técnica constituyen una institución social que se basa en la generación, acumulación y utilización sistemática de conocimiento. Este conocimiento es muy variado; una parte de él tiene utilidad directa, otra está alejada de los asuntos humanos. Parte de él se halla codificado simbólicamente bajo la forma de datos experimentales, fórmulas teóricas o soluciones de problemas clásicos; otra parte es esencialmente tácita y asistemática y sólo se hace manifiesta mediante el trabajo cotidiano de quienes lo llevan a cabo.

Por lo tanto, utilizar los conocimientos científicos disponibles para desarrollar nuevas técnicas, e investigar las técnicas en uso no formalizadas para desarrollar nuevos conocimientos científicos, es un desafío siempre presente para la investigación.

BIBLIOGRAFIA

Ashby, R., *Proyecto para un cerebro*, Editorial Tecnos, Madrid, 1965.

Barnes, Kuhn y otros, *Estudios sobre sociología de la ciencia*, Alianza Universidad, Madrid, 1980.

Bunge, M., *Epistemología - Ciencia de la ciencia*, Editorial Ariel, Barcelona, 1980.

Bunge, M., *Seudociencia e ideología*, Alianza Universidad, Madrid, 1985.

Bunge, M., *La investigación científica*, Ariel, Barcelona, 1969.

Kuhn, T., *La estructura de las revoluciones científicas*, FCE, 1980, México.

Ladriere, J., *El reto de la racionalidad*, Sígueme, UNESCO, Salamanca, 1978.

Quintanilla, M.A., *Tecnología, un enfoque filosófico*, EUDEBA, Buenos Aires, 1991.

Merton, R.K., *La sociología de la ciencia*, Alianza Universidad, Madrid, 1977.

Simon, H., *Las ciencias de lo artificial*, ATE, Barcelona, 1979.

Varsavsky, O., *Estilos tecnológicos*, Periferia, Buenos Aires, 1971.

Ziman, J., *Introducción al estudio de las ciencias*, Ariel, Barcelona, 1986.

Ziman, J., *Public Knowledge: The Social Dimension of Science*, Cambridge, The University Press, 1968.