

MAESTRIA EN EPISTEMOLOGIA Y  
METODOLOGIA DE LA CIENCIA

Universidad Nacional de Mar del Plata  
octubre de 1996

Tesis de Maestria

CIENCIA Y TECNOLOGIA  
JUNTAS PERO NO REVUELTAS

ALUMNO: SERGIO ANCHORENA

DIRECTOR: DR. MANUEL COMESANA

## INDICE

INTRODUCCION . . . . .	1
OBJETIVO GENERAL . . . . .	6
OBJETIVOS PARTICULARES . . . . .	6
TAREAS DESARROLLADAS . . . . .	7
I. LA REVOLUCION CIENTIFICO-TECNOLOGICA:	
¿REVOLUCION CIENTIFICA O REVOLUCION TECNOLÓGICA? . . . . .	10
Producción científica y producción tecnológica . . . . .	14
Problemas científicos, problemas tecnológicos . . . . .	17
Los productos . . . . .	18
Los productores . . . . .	21
Los modos específicos de producción . . . . .	23
Los ámbitos productivos . . . . .	23
Las relaciones . . . . .	24
El desarrollo histórico de la actividad . . . . .	24
II. TECNOLOGIA SIN CIENCIA Vs. CIENCIA SIN TECNOLOGIA . . . . .	25
TECNOLOGÍA SIN CIENCIA: Un caso histórico	
a modo de ejemplo . . . . .	25
A problemas científicos, respuestas científicas . . . . .	26
A problemas tecnológicos, respuestas tecnológicas . . . . .	32
CIENCIA SIN TECNOLOGÍA?: el método experimental . . . . .	35
A problemas científicos, respuestas tecnológicas . . . . .	32
III. VALORES EPISTEMICOS, VALORES TECNOLÓGICOS . . . . .	38
VALORES EPISTEMICOS . . . . .	39
Valores lógicos . . . . .	39
Valores empíricos . . . . .	40
Valores cognoscitivos . . . . .	41
Valores relacionales . . . . .	42
VALORES TECNOLÓGICOS . . . . .	43
Valores instrumentales . . . . .	39
Valores económicos . . . . .	40
Valores funcionales . . . . .	41
Valores relacionales . . . . .	42
ETICA Y CIENCIA Y TECNOLOGIA . . . . .	50
El conocimiento: la verdad buena, la verdad mala . . . . .	50
Los productos tecnológicos:	
las funciones buenas, las funciones malas . . . . .	51
IV. LA ACTIVIDAD TECNOLÓGICA Y SU RELACIÓN CON LA CIENCIA:	
¿UNIDA O SOMETIDA? . . . . .	54
Dos definiciones preliminares:	
la investigación sobre...la investigación en . . . . .	54
Y para muestra basta un formulario,	
aunque si son dos o tres mejor . . . . .	55
LA CIENCIA:	
la investigación y el conocimiento científico . . . . .	56
LA TECNOLOGIA:	
El diseño y los productos tecnológicos . . . . .	58
El diseño de productos . . . . .	59
LOS MODELOS EN TECNOLOGÍA:	
Diseño y documentación técnica . . . . .	62
Un espacio para la innovación:	
la investigación tecnológica . . . . .	64

V.	CAMBIO TECNOLÓGICO, CAMBIO CIENTÍFICO . . . . .	66
	El problema del cambio . . . . .	66
	El cambio tecnológico: desarrollo vs. Progreso . . . . .	66
	El desarrollo tecnológico: invasividad e impacto . . . . .	67
	- El progreso científico:	
	Acercamiento a la verdad o predicciones exitosas . . . . .	68
	Tecnología y ciencia:	
	Eficiencia vs. Verdad o exactitud . . . . .	69
	Conocimiento y tecnología: la innovación tecnológica . . . . .	70
	El desarrollo tecnológico: un camino de ida . . . . .	72
VI.	CUANDO LA CIENCIA ES APLICABLE:	
	LA ANALOGÍA DE TERZAGHI . . . . .	74
	A problemas tecnológicos, respuestas científicas . . . . .	74
	Algunos conceptos previas . . . . .	75
	El objeto modelo de Terzaghi:	
	análisis epistemológico . . . . .	76
	El modelo teórico . . . . .	77
	La interpretación de la analogía . . . . .	78
	Algunas simplificaciones . . . . .	80
	Las consecuencias de la analogía de Terzaghi . . . . .	81
	LAS APLICACIONES TECNOLÓGICAS . . . . .	81
	El edómetro de Casagrande:	
	análisis tecnológico . . . . .	81
	Los drenes de arena de O. J. Porter . . . . .	86
	CIENCIA APLICADA O CIENCIA APLICABLE . . . . .	88
VII.	CONCLUSIONES O... ESTO RECIBEN COMIENZA . . . . .	89
	LAS PREGUNTAS, LAS RESPUESTAS . . . . .	89
	Ontología y Tecnología . . . . .	89
	Metodología de la Tecnología . . . . .	89
	Gnosceología y Tecnología . . . . .	90
	Etica y Tecnología . . . . .	91
	La Historia de la Tecnología y	
	la Tecnología en la Historia . . . . .	91
	UNA DEFINICIÓN DE TECNOLOGÍA . . . . .	92
	Algunas definiciones de Tecnología . . . . .	92
	Una definición en base a la demarcación . . . . .	94
	EL PROBLEMA RECIBEN COMIENZA . . . . .	95
	BIBLIOGRAFÍA . . . . .	97

### AGRADECIMIENTOS

*A todos aquellos que, al leer los borradores o escuchar las presentaciones parciales en congresos, seminarios o jornadas, realizaron despiadadas críticas que permitieron mejorar la calidad de este trabajo.*

## INTRODUCCION

Los que participamos de los circuitos académicos estamos sin duda acostumbrados a la sigla CyT<sup>1</sup> como parte de la denominación abreviada que reciben los organismos que promueven y subvencionan las actividades de investigación (CRICYT, SECYT, CONICET, etc.).

Esto se debe, entre otras razones a que, desde hace algunos años en la Argentina, debido al esfuerzo de algunos pensadores como Jorge Sábato, parece haberse tomado una mayor conciencia de la relevancia de la tecnología en la sociedad, una prueba de ello es la inclusión de un capítulo de Tecnología en los Contenidos Básicos Comunes para la Educación Argentina en todos los niveles, la preocupación por la problemática CTS (Ciencia, Tecnología y Sociedad) y la inclusión de los programas de desarrollo tecnológico por parte de estos organismos que promueven la investigación, sin embargo, la naturaleza de la actividad tecnológica tiene algunas dificultades en su caracterización que presentan a su vez problemas en cada uno de estos casos. Estos problemas podrían plantearse de manera general como:

¿De que hablamos cuando hablamos de Tecnología?

Abel Rodríguez de Fraga (1994, p: 17) refiere a este problema en los siguientes términos:

"No deja de ser una deliciosa costumbre, que se recrea en cada nueva obra y artículo sobre tecnología, el que los autores se disculpen, anticipadamente, por la dificultad que les generó tanto definir el término *tecnología* como delimitar su campo de influencia."

---

<sup>1</sup> Ciencia y Tecnología

Este problema de la demarcación del campo de la tecnología, trae aparejadas una serie de consecuencias en cada uno de los casos antedichos:

En el caso de la Tecnología como campo de contenidos educativos o, más precisamente, en el campo de la Educación Tecnológica la pregunta se traduce en

¿Qué contenidos (conceptos, procedimientos, actitudes) deben enseñarse?

Al respecto Gilbert (1975: p 18) señala que "la educación tecnológica, aparentemente, es una asignatura nueva en el programa escolar que no tiene un claro fundamento teórico derivado de la misma tecnología. Aún no existe una filosofía coherente de la tecnología en la que basarse".

En el caso de la problemática CTS la relación se plantea como Ciencia y tecnología por un lado y sociedad por otro, resulta sumamente frecuente encontrar reflexiones o análisis de tipo sistémico en los cuales CYT se analizan como un único subsistema (véase por ejemplo Petrella, R. 1975, Argumedo A., 1987, Sábato, J. y N. Botana, 1975), pero no se analiza frecuentemente

¿Cuál es la relación entre Ciencia y Tecnología?

¿Cuál es el límite en la aplicación de uno y otro concepto?

Finalmente, en el caso de los subsidios de investigación o de Investigación y Desarrollo:

¿Qué es, y en consecuencia qué debe evaluarse en un proyecto de investigación básica o aplicada?

¿Qué es, y en consecuencia qué debe evaluarse en un proyecto de desarrollo tecnológico?

Al referirse a las asignaciones presupuestarias para una y otra actividad, Tomás Buch (1976, p 11) señala que:

"Estas diferencias no son siempre reconocidas con suficiente claridad, lo que genera frecuentes malentendidos cuando Ciencia y Tecnología deben competir por recursos presupuestarios escasos".

Esto se debe en parte a que el pensamiento crítico respecto de una y otra actividad ha tenido un desarrollo desigual que determinó o bien en una hipertrofia de la filosofía de la ciencia o bien en una atrofia de la filosofía de la tecnología.

Es así que la preocupación en los ámbitos académicos e intelectuales por "la Ciencia" como objeto de estudio y reflexión resulta una de las notas distintivas de este siglo, al menos así parece demostrarlo la proliferación de cursos de grado y post-grado sobre temas de Epistemología, Historia o Filosofía de la Ciencia.

La tecnología en cambio no parece haber ocupado un lugar muy importante en la formación de los futuros intelectuales, ya que no resulta frecuente encontrar ofertas de cursos de grado y post-grado sobre temas de Epistemología<sup>2</sup>, Historia o Filosofía de la Tecnología.

Pero, tal como se intentará sostener a lo largo del trabajo tesis esta relación asimétrica entre la filosofía de la ciencia y la filosofía de la tecnología se invierte cuando se analiza la influencia de una y otra actividad sobre la sociedad. Y esto se debe a que el conocimiento científico rara vez influye sobre la sociedad, ya que no suele ser aplicable directamente<sup>3</sup>. En cambio, en lo que respecta a la Tecnología, basta con mirar a nuestro

---

<sup>2</sup> Esto no significa que acuerde con que resulte correcto hablar de una Epistemología de la Tecnología.

<sup>3</sup> Ni siquiera la llamada "ciencia aplicada".

en lo que respecta a la Tecnología, basta con mirar a nuestro alrededor e intentar descubrir alguna actividad humana que no esté sustentada por la tecnología, o más exactamente por los productos tecnológicos, desde el más insignificante utensilio de uso diario, hasta las modernas tecnologías de la información y de las comunicaciones, pasando por la ropa, la vivienda, el transporte, etc., el ambiente humano ha sido producido y/o modificado por la actividad tecnológica. Pese a ello, la Tecnología no parece resultar un tema atractivo para la mayoría de los filósofos e historiadores que, con algunas honrosas excepciones, la ignoran o, en el mejor de los casos, la confunden con<sup>4</sup> Ciencia Aplicada.

Tal es el caso de Mario Bunge cuando cita como ejemplo: "*Un físico aplicado que trabaje en el diseño de un instrumento óptico usará casi exclusivamente lo que se sabía de la luz a mediados del siglo XVII*" (Bunge Mario, 1980; p 687). En primer lugar, la actividad no es Física Aplicada, ya que "el diseño de" no es un procedimiento científico, como lo es la investigación científica, sino un procedimiento propio de la tecnología y "un instrumento" no es un producto de la actividad científica, como si lo son las leyes y teorías científicas, sino un producto tecnológico. Por lo tanto, cuando un físico diseña un instrumento óptico no está haciendo Ciencia Aplicada sino Tecnología.

Es así que en la mayor parte de las *reconstrucciones racionales* de la historia en general, y de la historia de la Ciencia en particular, el papel de la tecnología queda, en el mejor de los casos, relegado a un segundo plano y, en el peor de ellos, es negado.

---

<sup>4</sup> O quizás "la consideran como".

Esta desvalorización de la actividad tecnológica no es nueva, su origen puede ser rastreado hasta la Grecia antigua en la que tal como afirma Guillermo Boido;

*"el trabajo manual, las artesanías, la creación y puesta a prueba de técnicas son consideradas serviles, despreciables: se identifican estas actividades con la condición infame del esclavo"*(Boido, G. y otros, 1988: p 32).

Pero, tal como lo destaca Aquiles Gay (1994: p 9):

*"Si el mundo griego estuvo marcado por la filosofía, el romano por la jurisprudencia, el medieval por la religión, el renacentista por el arte, el mundo moderno por la ciencia, el mundo contemporáneo lleva sin lugar a dudas la impronta de la tecnología".*

Es así que aunque agrupadas bajo la sigla CyT la Ciencia y la Tecnología siguen apareciendo juntas<sup>5</sup> en los organismos académicos y de gobierno, pero la tecnología no parece haber obtenido aún un su propio espacio<sup>6</sup>.

Por lo tanto, si se acepta que la actividad tecnológica y sus productos ocupan un lugar preponderante en la sociedad contemporánea no puede menos que aceptarse también que un programa de investigación en Filosofía de la Tecnología se torna deseable y necesario, como punto de partida, en esta Tesis se pretende brindar un claro criterio de demarcación entre Ciencia y Tecnología abarcando para ello las siguientes ramas:

---

<sup>5</sup> y revueltas

<sup>6</sup> Esto se da especialmente en la Argentina, ya que en otros países la filosofía de la tecnología tiene un mayor desarrollo.

### Ontología y Tecnología:

¿Cuál es la forma de ser de los productos tecnológicos?

¿A qué tipo de entidades puede aplicarse el nombre de productos tecnológicos?

### Metodología de la Tecnología:

¿Cuál es el método de la Tecnología? ¿Guarda alguna relación con el método científico?

¿Cuál es el papel de los modelos en Tecnología?

### Gnosceología y Tecnología:

¿Qué tipo de conocimientos entran en juego en el diseño de productos tecnológicos?

¿Existe un conocimiento tecnológico?

¿Cuál es la relación entre Ciencia y Tecnología?

### Ética y Tecnología:

¿Cuáles son los valores que orientan las decisiones en la actividad tecnológica?

¿Existe neutralidad en los productos de la tecnología?

### La Historia de la Tecnología y la Tecnología en la Historia:

¿Cómo cambió la solución a un determinado problema a través del tiempo?

¿Cómo influyó la tecnología en los distintos ámbitos en un momento histórico?

¿Qué relaciones guardó con la Ciencia?

## 2. OBJETIVO GENERAL

El objetivo central del presente trabajo de tesis consiste en presentar un claro criterio de demarcación entre Ciencia y Tecnología, teniendo en cuenta para ello cada una de las ramas señaladas *ut supra*.

### 3. OBJETIVOS PARTICULARES<sup>7</sup>

#### Ontología y Tecnología

Caracterizar es la forma de ser de los productos tecnológicos.

Determinar a qué tipo de entidades puede aplicarse el nombre de productos tecnológicos

#### Metodología de la Tecnología

Elucidar, si lo hay, el método de la Tecnología

Establecer si guarda alguna relación con el método científico.

Discutir el papel de los modelos en Tecnología.

#### Gnosceología y Tecnología

Analizar el tipo de conocimientos entran en juego en el diseño de productos tecnológicos.

Discutir la existencia o no de un conocimiento tecnológico.

Analizar la relación mutua, en términos de los productos de cada actividad, entre Ciencia y Tecnología.

#### Ética y Tecnología

Elucidar los valores que orientan las decisiones en la actividad tecnológica.

Discutir la neutralidad de los productos tecnológicos.

#### La Historia de la Tecnología y la Tecnología en la Historia

Analizar que relaciones guardó la tecnología con la Ciencia en el surgimiento de la llamada *Ciencia Moderna*.

Analizar el cambio en la solución a un determinado problema tecnológico a partir del surgimiento de la llamada *Ciencia Moderna*.

---

<sup>7</sup> El orden de los objetivos no implica un orden en la presentación, con que serán tratados en la presente Tesis.

Discutir la influencia de la tecnología en los distintos ámbitos (incluyendo la ciencia) en ese momento histórico.

#### 4. TAREAS DESARROLLADAS

- a. Relevamiento, selección, revisión y análisis de Textos de Filosofía de la Ciencia y de Filosofía de la Tecnología.
- b. Relevamiento, selección, revisión y análisis de Textos de Ciencia y de Tecnología.
- c. Análisis y discusión de las principales corrientes en Filosofía de la Tecnología.
- d. Relevamiento selección, revisión y análisis de casos Históricos.
- e. Elaboración de comunicaciones parciales conteniendo las principales tesis del trabajo y su presentación en congresos, jornadas y seminarios de Maestría.
- f. Reformulación de las tesis defendidas en las comunicaciones parciales de acuerdo con los aportes obtenidos en su presentación.
- g. Elaboración del informe final conteniendo las tesis de las comunicaciones parciales y las conclusiones que de ellas se derivan.

Las actividades a, b, c, d y e dieron origen a las siguientes comunicaciones parciales:

Anchoréna, Sergio, 1995 a, *La Tecnología y su relación con la Ciencia ¿Unida o Sometida?*, en Jornadas Latinoamericanas de Estudios Sociales sobre la Ciencia y la Tecnología, Universidad Nacional de Quilmes,

Anchoréna, Sergio, 1995 b, *Tecnología sin Ciencia vs. Ciencia sin Tecnología*, en VI Jornadas de Epistemología e Historia de la Ciencia, Universidad Nacional de Córdoba.

Anchorena, Sergio, 1995 c, *Los Valores Tecnológicos*, en VIII Congreso Nacional de Filosofía, AFRA-Universidad Nacional de Mar del Plata.

Anchorena, Sergio, 1995 d, *El Papel de los Modelos en Tecnología*, en Seminario Teoría de Modelos, dictado por la Prof. Alicia Gianella, Facultad de Humanidades-Universidad Nacional de Mar del Plata.

Anchorena, Sergio, 1996, *Cambio Científico, Cambio Tecnológico*, en Seminario Filosofía de la Tecnología, dictado por el Prof. Ricardo Gomez, Facultad de Humanidades-Universidad Nacional de Mar del Plata.

## I LA REVOLUCIÓN CIENTÍFICO-TECNOLOGICA:

### ¿REVOLUCIÓN CIENTÍFICA O REVOLUCIÓN TECNOLÓGICA?

Una de las notas distintivas este siglo consiste en lo que muchos autores denominan *revolución científico-técnica* (Kleimer, B., 1973; Driajlov, N., 1976 y Argumedo, A., 1987 entre otros) o, quizás con más propiedad, *revolución científico-tecnológica* (véase UNESCO, 1982). Nombre este que se da al acelerado incremento en la producción científica, al creciente desarrollo tecnológico que se observa desde fines del siglo XIX, y especialmente desde mediados de la década de los '70, y el consiguiente cambio en las relaciones sociales de producción y de consumo.

Entre los principales aspectos que abarca actualmente esta revolución se encuentran:

- El complejo teleinformático; determinado por la convergencia entre la microelectrónica, la informática y las telecomunicaciones.
- La biotecnología: rama de la tecnología en la que la acción sobre la materia se ejerce fundamentalmente a través de *procesos controlados* que involucran la aplicación de organismos vivos, sistemas o procesos biológicos, para la transformación de las materias primas. El control de estos procesos se realiza en base a conocimientos que provienen de la matemática, la física, la química y la biología.
- Los nuevos materiales: el desarrollo científico actual permite el estudio y la creación de nuevos materiales con propiedades determinadas destinadas a satisfacer las necesidades de uso específicas que plantean los productos de la tecnología.
- Las fuentes energéticas alternativas: que favorecen la

incorporación energías de bajo costo y constituyen la base que hace económicamente viables los procesos de automatización

- El procesamiento de materiales y productos en el espacio. (Argumedo, A., 1987)
- La incorporación creciente de la robótica y los sistemas expertos en los circuitos productivos.

Es así que la acelerada transformación tecnológica, sumada a su carácter invasivo a casi la totalidad de los aspectos de la vida diaria de las personas y las instituciones, está vinculada a la aparición fenómenos socioculturales nuevos, que requieren respuestas diferentes de la sociedad en general y de la reflexión filosófica en particular. Entre los cambios mas significativos en los diferentes órdenes, en relación con el impacto y la invasividad de la revolución científico-tecnológica, se destacan los siguientes:

- Cambios en los métodos de producción: que determinan que, en el período de su vida laboral, cada generación de trabajadores presencia entre cinco y seis cambios cualitativos en las características de sus profesiones y habilidades. Los perfiles laborales se desplazan hacia niveles superiores de conceptualización, con mayores requerimientos de habilidades intelectuales en detrimento de las destrezas psico-motrices. Actualmente, estos cambios están caracterizados fundamentalmente por la incorporación de la informática, las máquinas-herramienta de control numérico y los sistemas CAD (diseño asistido por computadora).
- Cambios en los hábitos de consumo: ya que los bienes tienen

una vida más efímera, y los medios masivos de publicidad pretenden influir sobre dichos hábitos.

- Cambios en el campo científico: que suponen una super-especialización por parte de los productores de conocimiento, y una división entre el trabajo de producción y de aplicación tecnológica de los conocimientos científicos. Esta división del trabajo tiene como propósito la rápida utilización de estos conocimientos, ya sea con fines humanitarios, bélicos o económicos.
- Cambios en el campo político: que se manifiestan en la desaparición del Estado Benefactor y en la implementación de políticas neoliberales que establecen nuevas relaciones entre trabajo, producción y consumo, con un menor nivel de intervención del Estado.
- Cambios en el campo cultural: ya que se observa un protagonismo de los conocimientos científico-tecnológicos, en un marco de revalorización del individualismo y por lo tanto afecta las formas de valoración, apropiación y producción de la cultura.
- Cambios en las relaciones con el medio ambiente: la explotación indiscriminada de los recursos naturales renovables y no renovables, sumadas al desarrollo urbano de las sociedades modernas, ha determinado un impacto de las actividades humanas sobre los ecosistemas locales, regionales y globales que alcanza actualmente una gravedad que reclama un replanteo de las relaciones que la humanidad mantiene con el medio ambiente.
- Cambios en el concepto de riqueza de las naciones: en la actualidad, son ricos los países que poseen conocimientos

científico-tecnológicos o experiencia industrial. Ya no basta con poseer recursos naturales, alimentos y energía. La formación de personas altamente calificadas, capaces de hacer un uso inteligente de las nuevas tecnologías, se ha convertido en el gran condicionante para la transformación de las empresas, e incluso, para las decisiones sobre en qué país invertir.

Como se observa en la lista precedente, y se intentará demostrar a lo largo del presente trabajo, la llamada revolución científica-tecnológica es mas tecnológica que científica, esto es, los productos a los que se refieren la mayoría de los cambios señalados son productos tecnológicos y no productos científicos. Cuando se escucha a alguien la clásica exclamación *¡lo que es la ciencia, eh!*, un análisis de aquello a lo que se refiere con esa exclamación haría descubrir que sería más correcto que exclamara *¡lo que es la tecnología, eh!*.

Esto es porque no parece posible pensar en la influencia directa de la ciencia o el conocimiento científico sobre ningún ámbito a no ser sobre la tecnología, y, el impacto sobre los otros ámbitos se da sólo mediado a través de sus aplicaciones tecnológicas, y solo cuando las tiene. Sin embargo, tal como se señaló en la introducción y se intentará mostrar a lo largo del trabajo, el conocimiento científico rara vez es aplicable directamente<sup>1</sup>. Basta con mirar a nuestro alrededor e intentar descubrir donde hay productos científicos, es decir conocimientos, encontrar ciencia en nuestro ambiente parece tan difícil como no encontrar tecnología.

No se intenta con este trabajo quitar mérito a la ciencia, ni

---

<sup>1</sup> Ni siquiera la llamada "ciencia aplicada".

negar que existan relaciones con la tecnología, sino de analizar sus características distintivas. Pero si es que la relación entre ciencia y tecnología existe es necesario empezar por diferenciarlas para poder así desentrañar las relaciones que efectivamente las vinculan.

#### Producción científica y producción tecnológica

Para establecer las diferencias fundamentales entre ciencia y tecnología, se han tomado los criterios que surgen del análisis de ambas en tanto que actividades sociales de producción.

Quizás justamente la mayor similitud entre ciencia y tecnología, esté dada en que ambas son actividades sociales de producción (Berger P. y T. Luckman, 1969) y que en consecuencia involucran:

- un tipo particular de *problema* al cual la actividad responde, que se corresponde a su vez con un tipo particular propósito o interés que orienta la actividad;
- un *producto* de esa actividad social, que pretende dar respuesta al problema, con determinadas características distintivas;
- *alguien* que lo produce;
- un *modo de producción* específico;
- un *ámbito* donde la actividad productiva se desarrolla con determinadas particularidades.
- un tipo de *interés* y una *escala valorativa* asociada a ese interés que orienta la actividad.
- una *relación* de la actividad productiva con los demás campos de la realidad social, natural, científica, cultural, económico-productiva y política en la que la actividad se

desarrolla.

- un desarrollo histórico de la actividad.

Pero si se analizan y comparan cada uno de estos aspectos, las diferencias entre la actividad científica y la actividad tecnológica resultan mas que evidentes.

A este fin se presentan dos ejemplos de diálogos<sup>2</sup> con profesionales de la ciencia, en el primer caso, y de la tecnología, en el segundo:

#### DIALOGO 1

Entre Ud. a un ámbito donde se desarrolla actividad científica<sup>3</sup> y pregunte:

Usted: - *¿Disculpe señor, quién es usted?*

El: - *Doctor, soy el Doctor (o Licenciado) X.*

Usted: - *¿A qué se dedican ustedes aquí?*

y la respuesta que recibirá será del tipo

El: - *Aquí estamos investigando fenómenos del tipo Y.*

pregunte Usted ahora entonces.

Usted: - *¿Y qué esperan conseguir a partir de esa indagación?*

si a esta altura el Dr. X aún está dispuesto a seguir contestando sus preguntas, seguramente le dirá algo así como

El: - *Estamos investigando para aumentar el conocimiento que tenemos respecto de ese tipo de fenómeno.*

utilize todo su tacto, y con su mejor sonrisa pregunte:

Usted: - *Y...¿cuál es el interés que tiene para ustedes obtener este conocimiento?*

aquí, podrá obtener dos tipos de respuesta (que llamaré R1 y R2) a

---

<sup>2</sup> los diálogos son reales pero la identidad de los protagonistas ha sido cambiada.

<sup>3</sup> Un laboratorio, un Instituto o centro de investigaciones.

saber:

El: R1 - *Este conocimiento tiene un valor en si mismo y, a propósito, le agradecería que deje ya de incomodarme con sus preguntas que en este momento estoy muy ocupado.*

R2 - *El conocimiento que obtengamos servirá para modificar o controlar tal o cual situación y, a propósito, le agradecería que deje ya de incomodarme con sus preguntas que en este momento estoy muy ocupado.*

este es el momento de irse sin que lo hechen, a fin de poder volver sin que lo llamen, no sin antes saludar y dar las gracias por la atención brindada.

## DIALOGO 2

No se desaliente, entre Ud. ahora a un ámbito donde se desarrolla actividad tecnológica<sup>4</sup> y pregunte:

Usted: - *¿Disculpe señor, quién es usted?*

El: - *Ingeniero, soy el Ingeniero (o Arquitecto, o diseñador industrial) X.*

Usted: - *¿A qué se dedican ustedes aquí?*

y la respuesta que recibirá será del tipo

El: - *Aquí estamos diseñando el (o construyendo un prototipo del) producto Y.*

pregunte Usted ahora entonces.

Usted: - *¿Y qué esperan conseguir a partir de este diseño?*

Supongamos que el Ing. X tiene tanta paciencia como el Dr. X y, por lo tanto, también está dispuesto a seguir contestando sus preguntas, seguramente le dirá algo así como

El: - *Estamos diseñando el producto Y para cumplir tal o cual función.*

<sup>4</sup> Un laboratorio, un Instituto o centro de investigaciones.

utilize todo su tacto, y, nuevamente, con su mejor sonrisa pregunte:

Usted: - *Y...¿cuál es el interés que tiene para ustedes diseñar este producto?*

aquí también podrá obtener dos tipos de respuesta (que llamaré R1 y R2) a saber:

El: R1 - *Este producto es sumamente necesario, ya que permitirá controlar tal o cual proceso o modificar tal o cual situación y, a propósito, le agradecería que deje ya de incomodarme con sus preguntas que en este momento estoy muy ocupado<sup>5</sup>.*

R2 - *Este producto fué solicitado por la empresa W, que es en definitiva la que nos paga por diseñarlo y, a propósito, le agradecería que deje ya de incomodarme con sus preguntas que en este momento estoy muy ocupado<sup>6</sup>.*

este es nuevamente el momento de irse, si es que nuevamente tuvo la suerte de que no lo hechen o lo acusen de espionaje industrial, no sin antes saludar y dar las gracias por la atención brindada.

Si se aceptan estos diálogos como posibles, y de hecho lo son, porque se basan en situaciones reales, resulta posible analizar ambas actividades en base a los aspectos señalados inicialmente.

#### Problemas Científicos y Problemas Tecnológicos

Con respecto al origen de la actividad científica "el campo de la ciencia responde al deseo del hombre de conocer y buscar comprender racionalmente el mundo que lo rodea y los fenómenos a

---

<sup>5</sup> Si hay algo que tienen en común los científicos y tecnólogos es que siempre están muy ocupados.

<sup>6</sup> Ibidem.

él relacionados"(Gay, Aquiles, 1994, p: 11). El tipo de preguntas asociadas a este tipo de interés (científico) es:

¿Cómo ocurre el fenómeno Y? (descripción)

¿Por qué ocurre de esa manera y no de otra? (explicación)

Dada la ley científica Z y las condiciones iniciales C

¿Qué sería esperable que ocurriera? (predicción)

Sin embargo este *conocer* no es siempre desinteresado, en la medida en que se pretenda obtener un conocimiento que permita intervenir y controlar procesos, se habla entonces de *ciencia aplicada*, cuando este interés es solo de índole cognoscitivo se la denomina *ciencia básica*. La ciencia, por lo tanto, sea esta básica o aplicada se caracteriza por su productos, conocimientos científicos; y por su procedimiento, investigación científica.

La tecnología, en cambio, se propone necesariamente el control, la modificación o el dominio sobre algún aspecto de la realidad, ya sea sobre la naturaleza o sobre otros productos tecnológicos como objetos, artefactos y/o procesos en la búsqueda de solución de un problema práctico. Los tipos de preguntas asociadas históricamente a la actividad tecnológica resultan en consecuencia de otro tipo:

¿Cual es el diseño mas conveniente para un producto que cumpla la función X?

¿Cómo lograr mayor productividad en el proceso Y?

¿Cual es el impacto ambiental de la actividad Z?

### Los productos

"Aunque la ciencia y la tecnología supongan procesos

7 aunque quizás fuera más adecuado llamarla *ciencia aplicable*.

cognitivos, su resultado final no es el mismo. El producto final de la actividad científica innovadora suele ser una formulación escrita, el artículo científico, que anuncia un hallazgo intelectual o una nueva posición teórica. Como contrapartida, el producto final de la actividad tecnológica innovadora es típicamente una adición al mundo artificial: un martillo de piedra, un reloj, un motor eléctrico" (Basalla, G., 1991).

El producto de la actividad científica es conocimiento, no un conocimiento cualquiera, sino el denominado científico, distinguible del conocimiento vulgar por determinadas características que le son propias. En particular, en lo que interesa a este trabajo, *compuesto por enunciados de forma legaliforme y universal* - ya que describen, explica las relaciones constantes entre los hechos o fenómenos de una determinada clase y, en algunos casos, se puede en base a ellas predecir nuevos fenómenos particulares - y *sistemático* ya que se encuentra articulado en teorías científicas. "*Todo capítulo de una ciencia especial contiene teorías o sistemas de ideas que están relacionadas lógicamente entre sí, esto es, que están ordenadas mediante la relación implica*" (Bunge, M., 1968)

En la tecnología, en cambio, el conocimiento, no es el objetivo sino un recurso para el diseño, el objetivo es un producto que brinda una solución funcional o una respuesta a un problema práctico que surge de una demanda, de una necesidad o simplemente de un deseo del *Tecnólogo*.

Por lo tanto en la actividad tecnológica no hay hipótesis, o al menos no las hay en el mismo sentido que en la investigación

científica, es decir un enunciado conjetural que se pretende poner a prueba para su refutación o confirmación.

En lo que respecta a los productos de la actividad tecnológica son bienes (materiales, artefactos), procesos o servicios, y éstos no constituyen un conocimiento abstracto, sino que pueden ser caracterizados como *productos tecnológicos* en la medida que den una solución mas o menos conveniente al problema planteado. Y esta solución no es un enunciado, ni es general o legaliforme como en el caso de la ciencia sino que es una solución particular y funcional en relación al problema en cuestión. Esta solución es, en el caso de innovaciones o desarrollos tecnológicos, un prototipo del producto diseñado, y que debe funcionar ya que no admite refutación alguna aunque si una optimización en su funcionamiento.

Existen algunos intentos de asimilar la actividad tecnológica a la actividad científica en los cuales se pretende que el producto de la tecnología son enunciados, ya sean estos enunciados nomopragmáticos, de tipo universal de la forma:

*"Si se realizan acciones del tipo X, entonces se obtienen resultados del tipo Y"*

u otros enunciados llamados *reglas tecnológicas* de la forma:

*"Para obtener resultados del tipo Y, realice entonces acciones del tipo X"*

Pregunte Ud. al tecnólogo del diálogo 2 si lo que producen en ese centro de desarrollo tecnológico son enunciados universales y, si aún no lo habían hechado prepárese.

Mediante la actividad tecnológica lo que se pretenden son soluciones particulares que sean funcionales a problemas particulares. En el diseño tecnológico disponer de un enunciado

que indique "todos los metales se dilatan con el calor" o uno que indique "si Ud. quiere dilatar un metal, caliéntelo" o "para que un metal se dilate; entonces hay que calentarlo", resulta indiferente.

Los enunciados pragmáticos que surgen del proceso tecnológico son los que se encuentran en un legajo de especificaciones técnicas que, como será desarrollado en otro capítulo, es el que permite la separación entre las etapas de concepción y concreción de un producto tecnológico. Pero estas especificaciones técnicas son enunciados particulares del tipo "caliente este metal para dilatarlo" si es que prescriben un proceso productivo, o del tipo "al calentar el metal se dilatará" si describe el normal desarrollo de un proceso.

La nota esencial que caracteriza a los productos tecnológicos no es la universalidad, sino su funcionalidad en relación con la solución al problema práctico que les da origen. Así cuando un bien cultural como un cuadro se utiliza para tapar el revoque descascarado de un muro se transforma, al menos parcialmente, en un producto tecnológico ya que, para cumplir esa función bien podría repararse el revoque.

### Los Productores

Existen históricamente carreras y profesiones asociadas a los distintos ámbitos en los que se desarrolla la actividad científica o tecnológica, a su vez en el desarrollo de la ciencia y la tecnología existen personas que han tenido un papel preponderante, ya sea por sus logros científicos o por sus logros tecnológicos.

Estos logros se diferencian por el tipo de producto, aún en campos como el de la química donde la ciencia y la tecnología se

encuentran íntimamente relacionadas, así, el caso de Lavoisier con el descubrimiento del oxígeno a fines del siglo XVIII, es un logro científico, ya que se plantea en términos de conocimientos. Y el caso de Liebig con el desarrollo de los fertilizantes artificiales basados en sales solubles de nitrógeno en 1840 es un logro tecnológico, ya que su producto responde funcionalmente a un problema práctico.

En la producción de conocimientos, se encuentran presentes intereses, opiniones y supuestos divergentes y, muchas veces conflictos entre personas y grupos que pertenecen a distintas comunidades científicas, es decir, que poseen distintos paradigmas, entendidos estos como la *completa constelación de creencias, valores y técnicas compartidos por los miembros de dicha comunidad* (Kuhn, T., 1991, p:23).

En la producción tecnológica, una vez establecida la escala valorativa que prioriza siempre la funcionalidad y la eficiencia, sin duda afectada por condicionamientos históricos, culturales y sociales, la evaluación de un producto tecnológico será fácilmente consensuable.

Simón Herbert, en su clásico libro "Ciencias de lo Artificial" señala específicamente esta diferencia entre las profesiones asociadas a una y otra actividad:

"Históricamente y tradicionalmente, ha venido correspondiendo a las disciplinas científicas enseñar cuanto hace referencia a las cosas naturales: cómo son y cómo funcionan. En tanto que correspondía a las escuelas de ingeniería enseñar cuanto hace referencia a las cosas artificiales: cómo hacer artefactos que reuniesen determinadas propiedades, cómo diseñar. Los Ingenieros no son los únicos diseñadores profesionales.

Diseña todo aquel que concibe unos actos destinados a transformar situaciones existentes en otras."(Simon, Herbert, 1994, p:87)

#### Los modos específicos de producción

Tal como se trasluce a partir del análisis del modelo adoptado por los formularios de los organismos de promoción y financiamiento de la investigación (estas ideas serán desarrolladas con mas detalle en el capítulo 4) la concepción de ciencia dominante se corresponde con la llamada concepción estándar de ciencia, esto es una actividad cuyo procedimiento es la investigación científica, su estrategia la utilización del método hipotético deductivo.

En el caso de la actividad tecnológica el procedimiento mediante la cual se desarrolla la actividad tecnológica no es el método hipotético-deductivo sino que podría caracterizarse como el *diseño tecnológico* en el que se propone la solución de problemas prácticos mediante un adecuado diseño que involucra el uso racional, creativo y crítico de los recursos disponibles.

#### Los ámbitos productivos

La ciencia se desarrolla fundamentalmente en laboratorios, tanto de dependencia pública, Universidades, Institutos, etc., como privada, la característica distintiva de éstos ámbitos se ve nuevamente en sus productos: conocimientos (generalmente expresados en "papers" o tesis). La tecnología, en cambio, se vincula directamente con las instituciones cuya función social se relaciona con los procesos productivos cuyos productos son bienes, procesos o servicios.

## Las relaciones

Las relaciones de la ciencia y la tecnología con los demás ámbitos, tal como fue indicado al referirse a la Revolución científico tecnológica están dadas fundamentalmente por:

- las relaciones entre ciencia y tecnología en lo que respecta a la influencia del conocimiento científico en el desarrollo de nuevos productos tecnológicos. Y las relaciones entre Tecnología y Ciencia, en lo que respecta al planteo de nuevos problemas científicos o la provisión de instrumental para la obtención y procesamiento de datos. (estas ideas serán desarrolladas en los capítulos 2, 4, 5 y 6).
- las relaciones entre tecnología, medio ambiente, calidad de vida, crecimiento económico, las aplicaciones tecnológicas productivas y bélicas, la influencia de las mismas en el mercado laboral y en el desarrollo de las relaciones sociales, etc.

## El desarrollo histórico de la actividad

En ambos casos de actividad social de producción, teniendo en cuenta los aspectos anteriores, resulta posible reconstruir el tipo de intereses o problemas, los productos, los procedimientos empleados, los ámbitos, profesiones y personas asociadas a estas actividades y las relaciones o impacto sobre el mundo natural y social del desarrollo científico y tecnológico en diferentes momentos históricos, en el próximo capítulo se desarrollará un ejemplo en este sentido.

## II TECNOLOGIA SIN CIENCIA Vs. CIENCIA SIN TECNOLOGIA

En este capítulo, a partir de la caracterización de las diferencias entre la ciencia y la tecnología en lo que respecta a ~~los~~ problemas, los productos, los productores y los modos y ámbitos de producción en ambas actividades, se aborda la problemática de la posibilidad del desarrollo de la tecnología sin el soporte del conocimiento científico y a su vez de la imposibilidad ~~del~~ desarrollo de la actividad científica sin el soporte que le proporciona la tecnología.

### TECNOLOGÍA SIN CIENCIA: Un caso histórico a modo de ejemplo

A fin de ejemplificar la diferencia entre las actividades científicas y tecnológicas basta con analizar el remanido ejemplo de Torricelli y las jeringas que constituye uno de los paradigmas de la ciencia moderna.

Se utilizará en el trabajo el nombre genérico de jeringa para referir al dispositivo formado por un tubo vertical en cuyo interior se encuentra adosado un émbolo (Figura 1) de manera que al elevar el émbolo el agua se eleva por el tubo, existiendo el límite de una altura máxima de 10,3 metros para la columna de agua.

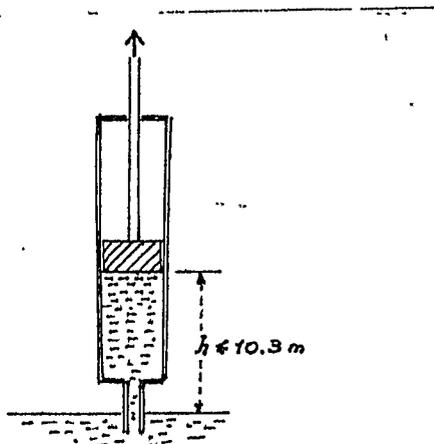


Figura 1

Este ejemplo permite identificar dos tipos de problemas, problemas científicos (Boído, G. y otros, 1988 : p 20):

*¿por qué el agua sube por una jeringa cuando se hace subir el émbolo?*

*¿por qué el agua no puede subir más allá de 10,3 metros?*

y problemas tecnológicos:

*¿cómo utilizar una jeringa para elevar agua?*

*¿cómo elevar agua a más de 10,3 metros utilizando jeringas?*

A problemas científicos, respuestas científicas

La solución a los problemas científicos, en tanto que este tipo de solución requiere una explicación racional que permita a su vez predecir nuevos fenómenos, llegó tras un largo y conocido camino, ya que es uno de los clásicos ejemplos del surgimiento del método experimental y, con él, de la Ciencia Moderna.

Una de las respuestas al problema de las jeringas está dada por la apelación al *horror vacui*, cuyo origen puede rastrearse en las ideas plenistas aristotélicas.

A la pregunta *¿por qué el agua sube por una jeringa cuando se hace subir el émbolo?*, la respuesta es que la naturaleza tiene horror al vacío y que, por lo tanto, el agua sube por el tubo de la jeringa para llenar el vacío creado por la subida del émbolo (Hempel, C., 1979, p:53). Respuesta que resulta satisfactoria, si se tiene en cuenta que, desde una cosmología aristotélica resulta imposible la existencia del vacío.

A la pregunta *¿por qué el agua no puede subir más allá de 10,3 metros?* la hipótesis del *horror vacui* parece no presentar ninguna respuesta razonable, ya que el límite de los 10,3 metros de altura para la columna de agua parecería indicar que la

naturaleza le tiene horror al vacío pero sólo los primeros 10,3 metros, aceptando gustosamente el vacío que se produce de ahí en más.

Un intento de brindar respuesta a este segundo problema científico es el de Galileo, que, sin descartar la explicación del *horror vacui*, intenta establecer la causa del límite de los 10,3 metros. Para ello se basa en la *analogía de la barra* en sus dos versiones.

En su *Diálogo sobre dos nuevas ciencias (1632)* la relación analógica se establece entre el límite de la columna de agua y el límite de resistencia a la flexión de una barra con dos apoyos en los extremos (Figura 2), cuando la separación entre los apoyos sobrepasa cierto valor la barra "cae por su propio peso", la analogía se planea en que, así como la separación entre los apoyos tiene un límite, también lo tiene la altura de la columna de agua.

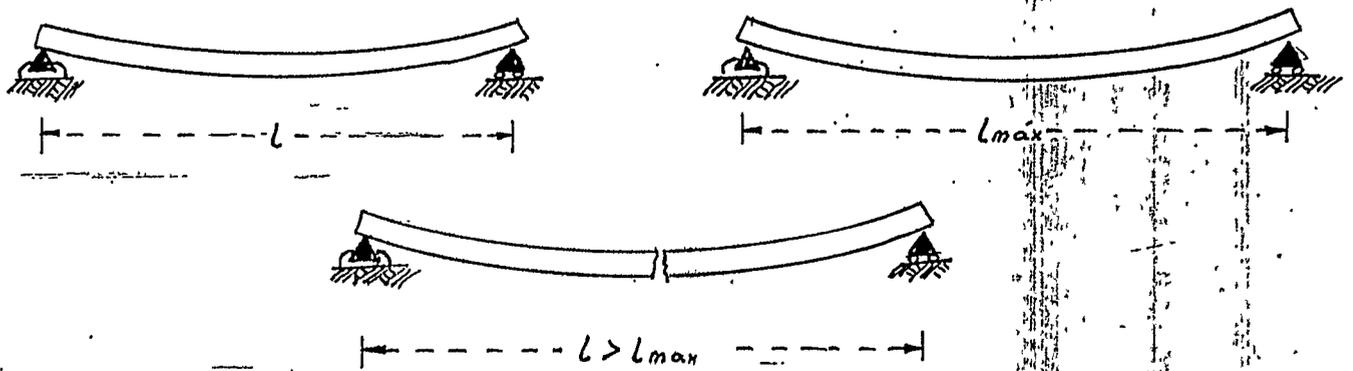


Figura 2.

En su *Consideraciones y demostraciones matemáticas sobre dos nuevas ciencias (1638)* la relación analógica se establece entre el límite de la columna de agua y el límite de resistencia a la tracción de una barra suspendida de uno de sus extremos (Figura

3), en este caso cuando el largo sobrepasa cierto valor la barra cae también por su propio peso, en este segundo caso la analogía estaría dada en que, así como la longitud de la barra tiene un límite, también lo tiene la altura de la columna de agua.

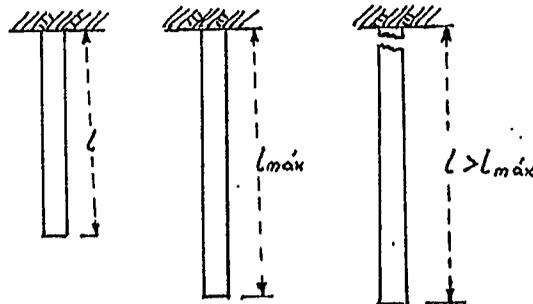


Figura 3

Pero en el caso de la barra flexionada el límite de la separación entre apoyos, para barras del mismo material, depende de la sección<sup>1</sup> de la barra, mientras que el límite de 10,3 metros no depende de la sección<sup>2</sup> de la columna de agua.

En el de la barra traccionada, en cambio, la analogía resulta mas feliz, ya que, para barras del mismo material, el peso de la barra y su resistencia dependen ambos de la sección de la barra, y por lo tanto el límite del largo de la barra será el mismo, con independencia de la sección de la barra, al igual que la altura de 10,3 metros de columna de agua.

<sup>1</sup> En el caso de la barra flexionada depende o bien del momento de inercia de la sección, si la barra cae porque se dobla, o bien del módulo resistente de la sección, si la barra cae porque se rompe.

<sup>2</sup> Específicamente del diámetro del tubo, en el ejemplo que nos ocupa.

La solución definitiva<sup>3</sup> llega finalmente con la *teoría del mar de aire* publicada por Torricelli; discípulo de Galileo, en el año 1643.

Esta explicación se basa en el conocimiento de que el aire pesa<sup>4</sup> y dos suposiciones:

- a. la posibilidad de que el vacío exista.
- b. la existencia de una capa de aire<sup>5</sup> que cubre la superficie terrestre, a manera de un mar (figura 4), es decir:
  - b.1. que el aire tiene las mismas propiedades que los líquidos en reposo, en lo que respecta a su capacidad de transmitir presiones en todas direcciones<sup>6</sup>.
  - b.2. que la superficie superior de este *mar de aire* es, al igual que la superficie del mar, independiente de los objetos que bajo el se encuentren.

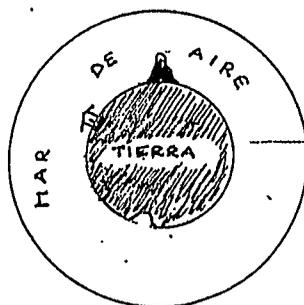


Figura 4

<sup>3</sup> o al menos vigente hasta la actualidad.

<sup>4</sup> Hecho ya demostrado por Galileo.

<sup>5</sup> que hoy llamamos atmósfera.

<sup>6</sup> estas propiedades de los líquidos habían sido expuestas en el siglo XVI por el ingeniero belga Simón Stevín.

De acuerdo con esta explicación la respuesta a la pregunta ¿por qué el agua sube por una jeringa cuando se hace subir el émbolo?, es la presión del mar de aire la que empuja el agua hacia arriba cuando el émbolo hace vacío<sup>7</sup>.

A la pregunta ¿por qué el agua no puede subir más allá de 10,3 metros? la respuesta es que este límite está determinado por el punto en que la presión ejercida desde el exterior por el mar de aire se equilibra con la presión ejercida por el agua desde el interior de la columna de agua (Figura 5).

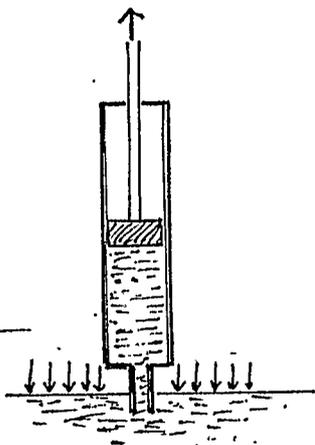


Figura 5

Las contrastaciones que siguieron a esta explicación, de las cuales se presentarán las dos más importantes, verificaron el poder predictivo de la teoría del mar de aire, la primera de ellas, realizada por Torricelli, es la más conocida y puede esquematizarse como sigue:

Si existe el mar de aire y la presión ejercida por éste es la que sostiene una columna de agua de 10,3 metros, también será capaz de sostener una columna de mercurio, y, dado que, el peso específico del mercurio es 13,6 veces mayor que el del agua la

---

<sup>7</sup> no es el émbolo el que "chupa" el agua, sino el aire el que empuja.

columna de mercurio deberá ser 13,6 veces mas corta, esto es:  
altura de la columna de mercurio =  $10,3 \text{ m} / 13,6 \approx 0,76 \text{ m}$

La contrastación de esta predicción (Figura 6) y su resultado favorable<sup>e</sup> da apoyo empírico a b.1., pero no a b.2. ya que el *mar de aire* podría reproducir en su superficie la forma del fondo, es decir de los objetos que bajo el se encuentren.

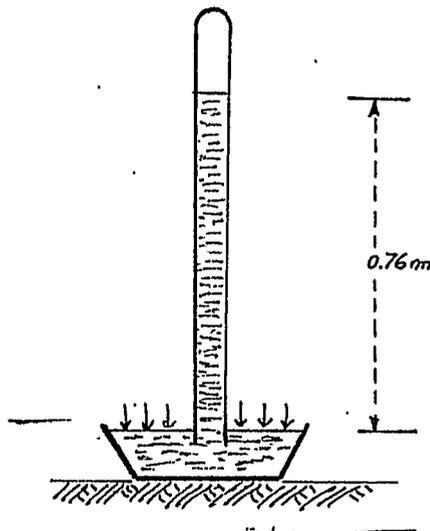


Figura 6

Aceptado el resultado de la experiencia de Torricelli, la segunda contrastación, fue diseñada por Blas Pascal y fué realizada en 1648 por Pretier, cuñado de Pascal, en monte el Puy-de Dôme 1500 metros de altura, situado en la cordillera central de Francia. El esquema de esta predicción es el siguiente:

Si existe el mar de aire, y su presión es la que sostiene la columna de mercurio de 0,76 metros y la superficie superior de este mar es independiente de los objetos que bajo el se

---

<sup>e</sup> este sistema es la base del funcionamiento el barómetro de mercurio.

encuentren, la presión deberá disminuir en la medida que nos elevemos de la superficie terrestre, por lo tanto la altura de una columna de mercurio deberá ser menor en la cima de una montaña que en la base de la misma (Figura 7).

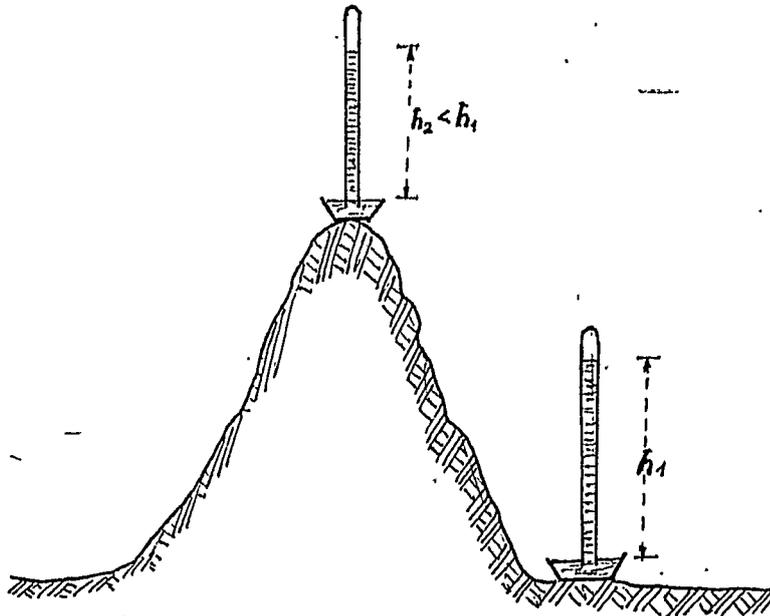


Figura 7

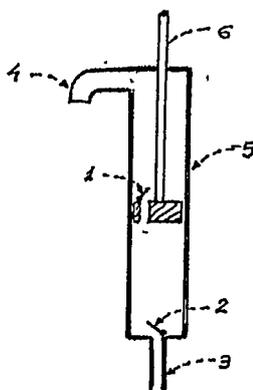
La contrastación de esta predicción, utilizando como testigo una columna de mercurio en la base de la montaña, arrojó nuevamente un resultado favorable, ya que la columna de mercurio en la cima de la montaña tuvo una altura de 0,68 metros mientras que la de la base mantuvo su altura de 0,76 metros a lo largo del día (Hempel, C. 1979, pp: 24 y ss).

#### A problemas tecnológicos, respuestas tecnológicas

La solución a los problemas tecnológicos, sin embargo, ya había sido publicada en 1556 por Agricola<sup>9</sup> en su tratado *De Re Metallica* en el que compendia las técnicas mineras y metalúrgicas de su época.

<sup>9</sup> Su verdadero nombre era Georg Bauer

A la primer pregunta, *¿cómo utilizar una jeringa para elevar agua?*, la tecnología responde con la *bomba aspirante-impelente*<sup>10</sup>, que agrega a la jeringa un ingenioso sistema, compuesto de dos tubos, uno para el ingreso(3) y otro para la salida del agua(4); dos válvulas, una en el émbolo(1) y una en la base(2) del cilindro(5), que se abren y se cierran alternativamente con el propio movimiento y peso del agua al accionar la bomba y permiten expulsar el líquido una vez elevado (Figura 8).



- (1) Válvula de retención A
- (2) Válvula de retención B
- (3) Tubo de ingreso de agua

- (4) Tubo de salida de agua
- (5) Cilindro
- (6) Émbolo

Figura 8

Cuando el émbolo es elevado, la válvula A se cierra y la válvula B se abre dejando que el agua se eleve por el tubo (Figura 9 a). Cuando el émbolo es empujado hacia abajo, la válvula B se cierra y la válvula A se abre dejando pasar el agua (Figura 9 b). Al volver a elevar el émbolo la válvula A se cierra y la válvula B se abre dejando que el agua se eleve por el tubo, a la vez que el

<sup>10</sup> En realidad la Bomba aspirante era conocida desde la antigüedad por los Griegos, al respecto véase Ducasé, P., 1960: p 26.

agua que está por encima del émbolo es expulsada por el tubo de salida (Figura 9 c)

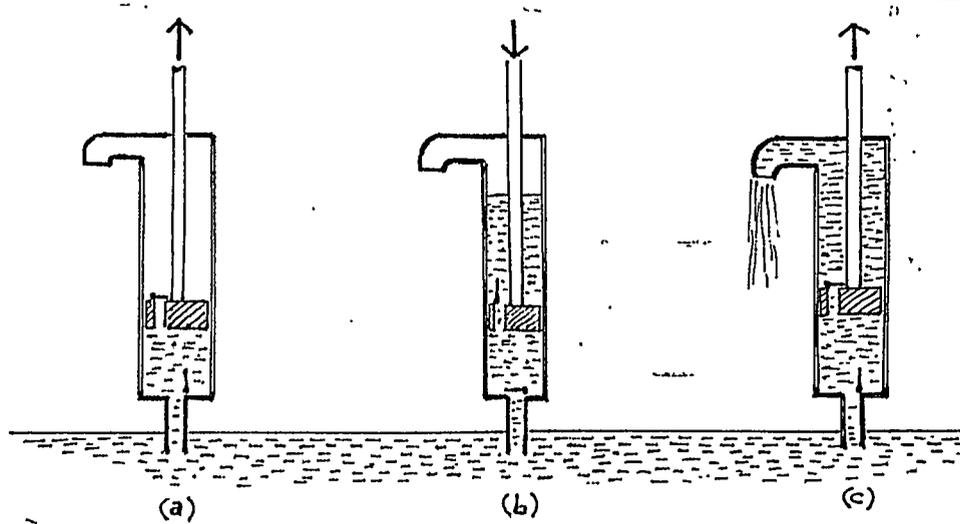


Figura 9

A la segunda, ¿cómo elevar agua a más de 10,3 metros utilizando jeringas?, responde con una serie de bombas movidas simultáneamente por un sistema de palancas; accionadas a su vez por una misma rueda hidráulica, alimentada a la vez por un cauce natural y por el agua expulsada por la última bomba de la serie (figura 10).

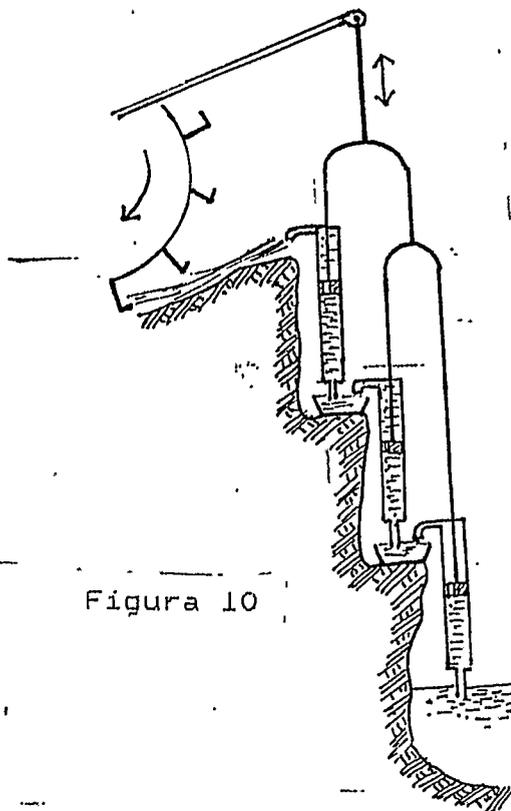


Figura 10

Pero la respuesta tecnológica no termina aquí, ya que abarca, las dimensiones; los materiales, los procesos constructivos, los costos, etc. como será desarrollado en otro capítulo.

Ahora bien, ¿cual de los dos tipos de respuesta resultó mas invasivo?, y ¿cual de los dos tuvo mas impacto?, sin duda el invento de la bomba aspirante ejerció una gran influencia sobre la productividad, sobre el ambiente al favorecer la mayor explotación de los recursos naturales, sobre los procesos productivos y las relaciones sociales de producción por ellos determinadas, sobre la economía, sobre la propia ciencia, en la medida que dio origen a los problemas científicos resueltos por Torricelli.

Por otra parte, lejos de desmerecer el avance que desde el punto de vista científico significó el descubrimiento de Torricelli, ya que brindó respuestas satisfactorias a los problemas planteados, y quizás a otros, desde el punto de vista tecnológico no significó un gran avance, ya que no consiguió que la bomba aspirante lograra elevar agua más allá de los 10,3 metros de altura.

#### CIENCIA SIN TECNOLOGÍA?: el método experimental

Una vez establecida la posibilidad del desarrollo de la Tecnología prescindiendo de la Ciencia, parece lícito preguntarse si es posible el desarrollo de la actividad científica sin el soporte que le brinda la tecnología.

#### - A problemas científicos, respuestas tecnológicas

Para contestar esta pregunta se hace necesario, en primer lugar, preguntarse cuales son las notas que constituyen las

bases de la ciencia moderna<sup>11</sup>, y el método experimental estará sin duda entre esas notas. Al respecto Blanché (Blanché, R., 1972) señala tres rasgos esenciales de este método:

1. La deducción hipotética, o el razonamiento hipotético-deductivo.
2. La reducción sistemática del mundo de la experiencia a su estructura matemática.
3. La afinación de la observación, esto es, el paso de la observación banal, "que no se había dejado de practicar hasta entonces, a una observación que se hace científica por el recurso de un instrumental concebido ad hoc". (Blanché, R., 1972: p 42).

¿Y qué tipo de actividad es la que se encarga de diseñar y producir instrumental para usos específicos sino la actividad tecnológica?

Desde el *perspicillum*<sup>12</sup> de Galileo, hasta el moderno instrumental científico que se utiliza en los laboratorios - incluyendo las computadoras, máquinas, instrumentos de medición, etc.- son todos y cada uno de ellos productos tecnológicos destinados a "trascender las limitaciones que la naturaleza impone a la sensibilidad y al conocimiento humano" (Blanché, R., 1972: pp 44-45).

En palabras de Tomás Khun, "el telescopio de Galileo cambiaba las premisas del enigma que el cielo planteaba al astrónomo facilitando su resolución" y "permitió, en manos de Galileo, descubrir innumerables testimonios en favor de la teoría de Copérnico" (Khun, T., 1985: p 286).

---

<sup>11</sup> Que no debe confundirse con la ciencia actual o reciente.

<sup>12</sup> Nombre que Galileo daba al telescopio.

También en este caso resulta significativo recordar que el telescopio construido por Galileo<sup>13</sup> tampoco se basó en un conocimiento científico, sino en la noticia que este tuvo de los anteojos astronómicos construidos por pulidores holandeses que, combinando lentes, lograban aumentar de tamaño de la imagen objetos de alejados.

Más allá del ejemplo, parecería imposible pensar que alguno de los descubrimientos científicos, desde Galileo en adelante, pudiera haberse realizado sin el soporte que, directa o indirectamente, brinda la tecnología.

En segundo lugar, la tecnología sirve también de base para la actividad científica porque todo avance tecnológico plantea problemas científicos, cuya solución puede consistir en la invención de nuevas teorías o de nuevas técnicas de investigación que conduzcan a un conocimiento más adecuado y a un mejor dominio del asunto (Bunge Mario, 1968).

---

<sup>13</sup> En realidad el telescopio ya se conocía en la China desde antes.

### III VALORES EPISTEMICOS; VALORES TECNOLOGICOS

Existe una gran cantidad de intentos de establecer cuales son los valores que orientan los cursos racionales de acción que permiten decidir entre caminos divergentes en la construcción de teorías o en la elección entre teorías científicas rivales.

Esto se debe, como lo señala Bunge (Bunge, Mario, 1981), a que teorías *conceptualmente inequivalentes* pueden resultar *empíricamente equivalentes* en la medida en que explican los mismos hechos observados y, si bien pueden predecir distintos tipos de hechos, las condiciones de observación o de experimentación actuales no permiten aún contrastarlos.

Se apela en consecuencia a una serie de valores epistemológicos o metacientíficos que se invocan en favor de una u otra teoría o que orientan las decisiones durante su construcción o su elección.

Análogamente en la actividad tecnológica aparecen distintos diseños que pretenden dar respuesta al mismo problema tecnológico. Esto es, *diseños inequivalentes* que cumplen con *funciones equivalentes*, y que requieren en consecuencia una toma de decisión para seleccionar la *tecnología mas conveniente* a utilizar en una situación concreta.

En el caso de la Tecnología los valores o criterios que se invocan para las teorías científicas no resultan utilidad, ya que la actividad tecnológica persigue propósitos, utiliza métodos y obtiene productos diferentes de los de la Ciencia.

Por lo tanto, en las decisiones que se toman durante el diseño, la comparación, la selección y el uso de productos tecnológicos, entran en juego una serie de elementos valorativos diferentes de los epistemológicos.

## VALORES EPISTEMICOS

A modo de ejemplo se presenta una lista de valores<sup>1</sup> que normalmente se invocan en favor de una teoría científica para justificar su elección respecto de otra, es necesario destacar que la lista no es exhaustiva y muchos de estos valores entran en conflicto entre sí, por lo que una toma de decisión en el caso de la construcción o selección de una teoría aparecerá siempre un orden jerárquico entre ellos y no necesariamente todos y sólo ellos:--

### Valores Lógicos

1. *Coherencia interna.* - refiere a la denominada corrección sintáctica, esto es, los enunciados que forman la teoría deben ser fórmulas bien formadas y no contradictorias entre sí.

2. *Sistematicidad o Unidad Conceptual.* - es necesario que la teoría presente un sistema conceptual unificado, es decir, que sus conceptos estén ligados entre sí, de manera que la contrastación de sus partes sea relevante para el resto de la teoría (Bunge, M., 1981, p:146). "Todo capítulo de una ciencia especial contiene teorías o sistemas de ideas que están relacionadas lógicamente entre sí, esto es, que están ordenadas mediante la relación implica" (Bunge, M., 1968, p:35).

3. *Exactitud lingüística.* - refiere a la mínima ambigüedad, vaguedad y oscuridad en los términos específicos de la teoría. Este es un requisito necesario para la *interpretabilidad* de la teoría.

4. *Posibilidad de Axiomatización-Formalización.* - La *axiomatización y formalización* permiten la expresión en lenguajes artificiales por medio de símbolos, a los que se les atribuye

---

<sup>1</sup> tengo una deuda en esta lista de valores epistémicos con la profesora Alicia Gianella, ya que una gran parte de ellos fué obtenida de su seminario *Teoría de Modelos*.

significados determinados mediante reglas de designación, y el establecimiento de procedimientos experimentales bien definidos para asignar a estos símbolos valores numéricos. "De esta manera las relaciones conceptuales se transforman en ecuaciones que serán manipuladas con el formidable aparato que nos brinda la matemática" (de la Torre, A., 1988, p:3). "En estas manipulaciones aparecen grupos de símbolos y estructuras matemáticas que pueden presentar algunas características interesantes, por ejemplo la...de tener un valor siempre constante. Así surgen nuevos conceptos compuestos, tales como la energía cinética o el impulso, los cuales son interpretados como nuevas propiedades del sistema. El formalismo es interpretado al asignar un significado a las nuevas expresiones matemáticas."(de la Torre, A., 1988, pp:3-4)

#### Valores empíricos

5. *Interpretabilidad empírica.*- La interpretación consiste en la posibilidad de asignar a estos símbolos (o ecuaciones) alguna propiedad en la realidad que representan.

6. *Contenido empírico.*- Popper (1971, p:114) define el contenido empírico de una teoría como la clase de los posibles falsadores de la teoría, esto es aquel conjunto de fenómenos del mundo real o empírico a los que la teoría refiere.

7. *Contrastabilidad (en principio).*- dice Hempel "ningún enunciado o conjunto de enunciados T puede ser propuesto como una hipótesis o teoría científica a menos que pueda ser sometido a contrastación empírica, al menos *en principio*" (Hempel, C., 1979, p:54). Esto significa que no es necesario que en el momento de proponer la teoría estén dadas las condiciones materiales o tecnológicas para su contrastación.

8. *Base o apoyo empírico.*- de acuerdo con Carl Hempel, en ausencia de un testimonio desfavorable, el grado de confirmación o aceptabilidad aumenta con la cantidad, variedad y precisión del apoyo empírico obtenido en las contrastaciones.

9. *Refutabilidad-falsabilidad.*- el requisito propuesto por Popper en *La Lógica de la Investigación Científica*, según el cual una teoría debe ser susceptible de selección en un sentido negativo, por medio de contrastes o pruebas empíricas, " *ha de ser posible refutar por la experiencia un sistema científico empírico*" (Popper, Karl, 1971, p:40):

#### Valores cognoscitivos

10. *Poder explicativo.*- Las leyes empíricas describen un sistema de uniformidades. "Las teorías intentan, por lo tanto, explicar estas regularidades y, generalmente, proporcionar una comprensión mas profunda de los fenómenos en cuestión" (Hempel, C., 1979, p: 107).

11. *Poder predictivo.*- La teoría debe, en principio, poder predecir aquellos casos que puede explicar, esto es, la explicación brindada por la teoría debe permitir, dadas las condiciones iniciales de aquellos casos que explica, predecir los casos ya acaecidos. "Pero, en la medida de lo posible, la teoría debería también permitir predecir casos nuevos o insospechados. [...] la capacidad predictiva puede descomponerse en la suma de la capacidad de predecir una clase conocida de hechos y la capacidad de predecir nuevos «efectos»" (Bunge, M., 1981, p:153).

12. *Poder heurístico.*- el poder heurístico o fecundidad de una teoría está dado por la posibilidad servir de base para motivar nuevas investigaciones, generar nuevas ideas y, en definitiva, producir nuevos descubrimientos.

13. *Exactitud.*- Está dada por la capacidad descriptiva de las explicaciones y predicciones de la teoría, en relación con el mundo real, no debe confundirse con precisión, que es la acotación de los márgenes de error de acuerdo con el objetivo perseguido.

Valores relacionales

14. *Apoyo teórico.*- al respecto Mario Bunge y Karl Hempel señalan que la teoría debe ser consistente con la mayor parte del conocimiento aceptado como establecido. Si bien esto puede favorecer posiciones conservadoras o contrarrevolucionarias, no puede negarse que es un valor a menudo invocado en la defensa de las teorías científicas.

15. *Capacidad unificadora o subsuntiva de conocimientos previos.*- consiste en la posibilidad de abarcar una clase amplia de problemas que incluyan aquellos abarcados por otras teorías ya aceptadas.

16. *Generalidad.*- se espera que una teoría científica sea aplicable a una amplia gama de fenómenos a ella asociados y se relaciona directamente con la capacidad unificadora de conocimientos previos.

17. *Simplicidad.*- De acuerdo con Hempel (1979) y Bunge (1981) el criterio de simplicidad presenta muchas dificultades para su aceptación, ya que en general implica renunciar a muchos de los otros valores, puede aplicarse en varios sentidos (sintáctica, epistemológica, pragmática) y presupone que las leyes de la naturaleza han de ser simples. Para Popper, en cambio, la hipótesis más simple es aquella que tiene mayor contenido empírico.

18. *Compatibilidad extra científica.*- este valor refiere a que la teoría sea compatible con la visión del mundo predominante,

no significa que este valor sea deseable, al igual que el apoyo teórico el no tenerlo en cuenta a producido grandes avances científicos, pero es innegable que actúa como un valor en juego en la evaluación de las teorías para su aceptación o rechazo por parte de la comunidad científica.

19. Aplicabilidad. - Sin bien no constituye un criterio de científicidad, la aplicabilidad constituye un criterio de vinculación entre ciencia y tecnología. Así como la compatibilidad con el conocimiento científico vigente le da apoyo positivo a una nueva teoría, la posibilidad de ser utilizada en la solución de problemas prácticos también resulta un factor de apoyo.

#### VALORES TECNOLOGICOS

En la lista que sigue se presentan algunos de los valores que habitualmente se invocan en favor de un producto o de una solución tecnológica a un determinado problema. Esta lista no pretende ser exhaustiva y solo rescata los usos de los términos en el contexto tecnológico, su uso requiere sin duda una mayor elucidación, pero ésta excede el alcance del presente trabajo.

#### Valores Instrumentales

1. Confiabilidad. - En su versión más fuerte el concepto de confiabilidad se expresa en la probabilidad de que el producto en cuestión funcione de acuerdo a lo previsto. En su versión más débil remite a la comparación entre distintos productos - *el producto X es mas confiable que el producto Y.*

2. Eficacia-Efectividad. - Si bien todos los productos tecnológicos se proponen el alcance de determinados objetivos o la solución de un determinado problema, la solución tecnológica admite distintos grados e de éxito, eficacia y efectividad aluden

al grado de alcance de los objetivos propuestos o a la solución al problema planteado.

3. Operatividad-Practicidad.- en la selección o el diseño de un producto tecnológico la operatividad está dada por la facilidad de operación de este producto en el contexto que enmarca el problema concreto, así la operatividad de las computadoras, determinada por la disminución en su tamaño y su consumo energético, el aumento en la memoria y la velocidad de procesamiento las hacen actualmente operables en contextos que antes eran impensables.

4. Simplicidad.- Se utiliza fundamentalmente en términos comparativos - ante el mismo problema, la solución X es mas simple que la solución Y - ante la igualdad en otros aspectos se elegirá aquel producto que brinde la solución mas simple. Sin embargo la simplicidad puede estar presente en una o varias etapas de la actividad tecnológica: el diseño, la concreción, el uso, etc.

Valores económicos

5. Factibilidad.- En tanto que la tecnología es una actividad destinada a transformar un aspecto de la realidad es necesario evaluar las posibilidades de éxito en esta transformación; la *factibilidad* se refiere tanto a la cantidad y calidad los obstáculos potenciales como a la posibilidad de éxito de un determinado diseño o proyecto tecnológico.

6. Adecuación.- Se refiere a la relación entre los productos tecnológicos o la tecnología utilizada y los fines que se persiguen un ejemplo de su uso es: *el producto X resulta adecuado o inadecuado al fin Y.*

7. Productividad.- Consiste en la relación entre la producción obtenida o a obtener y los recursos utilizados o

demandados por un proceso productivo en base al uso de una determinada tecnología o producto tecnológico.

8. *Economía (Amortización).*- Está caracterizada por las relaciones entre los costos - costo inicial, de mantenimiento, de operación, etc.-, la productividad y la duración del producto en cuestión.

9. *Eficiencia.*- Una vez determinado el grado de eficacia de un producto la *eficiencia* refiere al grado de alcance de los objetivos propuestos - *eficacia*- en relación con los recursos utilizados a este fin. Constituye también una cuestión de grado, no de clase.

10. *Adaptabilidad-Flexibilidad.*- Se refiere a la posibilidad de los productos de adaptarse o utilizarse en distintas funciones o procesos productivos, de acuerdo con los cambios en los objetivos ~~perseguidos~~ o en el contexto en que el producto se utiliza.

Valores funcionales

11. *Funcionalidad.*- Es el propósito de todos los productos tecnológicos cumplir una determinada función con relación al problema práctico que determina su creación o diseño, y esta función se relaciona con el control de la realidad, ya sea ésta una función propia o como parte de un proceso mas amplio.

12. *Control.*- La tecnología se propone necesariamente el control o dominio sobre algún aspecto de la realidad, ya sea sobre la naturaleza o sobre otros productos tecnológicos como objetos, artefactos y/o procesos en la búsqueda de solución de un problema práctico.

13. *Previsión.*- La previsión es una de las características fundamentales de la actividad tecnológica, consiste en la

capacidad de anticipar los resultados de un proyecto tecnológico. Esta previsión es expresada actualmente en términos de probabilidades, que se basan en un control estadístico de los insumos con los que opera la tecnología.

14. *Innovación.*- Se entiende por innovación tecnológica "la incorporación del conocimiento -propio o ajeno - con el objeto de generar o modificar un proceso productivo"(Sábato, J. y N. Botana, 1975, p: 147.). Esta innovación se pone de manifiesto en el diseño de un nuevo producto en la optimización de productos existentes. Mientras que el avance del conocimiento científico se realiza mediante actividades de investigación, el avance de la tecnología se da en base a proyectos de innovación tecnológica, es así que un ejemplo de su uso es: la tecnología o proceso X es innovadora en su campo de producción.

15. *Precisión.*- Los errores en un proceso productivo o en la calidad constructiva de un artefacto se acotan en determinados márgenes de tolerancia, la precisión se expresa en términos comparativos - el producto X es mas preciso que Y -, en términos absolutos - la precisión de esta balanza es A - o probabilísticos - la tensión admisible del material es de 130 Kg/cm<sup>2</sup> con una precisión del 5%.

Valores relacionales :

16. *Comunicabilidad.*- El diseño de un producto tecnológico se plasma en lo que se denomina un legajo de especificaciones técnicas o documentación técnica que consiste en una descripción o representación altamente detallada de las características del futuro producto. La comunicación que se establece en base a este legajo es la que brinda la posibilidad de separar las fases de diseño y concreción de un producto de la actividad tecnológica.

17. *Normalización.*- La normalización permite estandarizar los productos o sus componentes favoreciendo la intercambiabilidad o reemplazo entre los productos o sus componentes, la comunicabilidad de las especificaciones técnicas y la compatibilidad entre distintos productos para utilizarlos en un mismo proceso productivo.

18. *Compatibilidad.*- Consiste en la posibilidad de relación, conexión o interacción de un producto tecnológico con otro u otros uno de los usos mas frecuentes se da nuevamente en el caso de la informática: "la computadora X es compatible con IBM".

19. *Calidad.*- Existen distintas definiciones y concepciones de *calidad*, quizás la característica que las unifica es la referencia a los aspectos comparativos entre diferentes productos - *es de mejor calidad que....*- o con determinados estándares - *cumple con tal o cual requisito de control de calidad.*

20. *Apropiación.*- Se refiere a la relación entre los productos tecnológicos o la tecnología utilizada y el contexto en que ésta se utiliza. Así, un producto tecnológico resulta apropiado o inapropiado para su uso en un determinado contexto.

21. *Conveniencia.*- Se utiliza para sintetizar un conjunto de variables tenidas en cuenta en la selección de un producto tecnológico. Implica siempre una comparación, ya sea entre distintos productos que cumplen la misma función o entre productos y un estándar prefijado.

22. *Impacto.*- Refiere a aspectos cualitativos de una actividad o producto de esa actividad en su relación con otro ámbito, esto es, a las consecuencias o efectos del uso de una determinada tecnología en un ámbito específico. Si bien parece aludir a efectos instantáneos - ya que impacto se usa en física

para referir a choques violentos - se utiliza también para los efectos a largo plazo. Se usa en distintos sentidos dependiendo del ámbito a que se aplique: "X tiene un alto impacto en la productividad", implica una valoración positiva respecto de X; mientras que "Y tiene un alto impacto ambiental" implica una valoración negativa respecto de Y.

23. *Invasividad*. - Hace referencia a la cantidad de ámbitos en los que el producto tecnológico ejerce efectos o influencia de algún tipo, un ejemplo de su uso es: "la computación es una tecnología altamente invasiva".

24. *Sinergia*. - Su uso original es en anatomía y refiere a la colaboración de varios músculos en una actividad física, en el caso de la tecnología se usa para aludir a la potenciación que permite en su productividad la relación, conexión o interacción de un producto tecnológico con otro u otros.

Cabe señalar que, también en el caso de la tecnología, muchos de los aspectos señalados son incompatibles entre sí - por ejemplo la precisión y la simplicidad - y que el orden presentado no pretende asignar prioridades que determinen una escala valorativa, sin embargo dicha escala puede ser racionalmente reconstruida en lo que respecta a las prioridades tenidas en cuenta en situaciones concretas.

A modo de ejemplo la economía y la simplicidad se encuentran priorizadas por sobre el impacto ambiental en el intento de la Shell de disponer de una plataforma petrolera inactiva undiéndola en el Atlántico Norte<sup>2</sup>.

---

<sup>2</sup> Intento que afortunadamente fue abortado.

En el cuadro que sigue se presenta una contraposición entre los valores científicos y tecnológicos. Si bien la misma no se plantea como una relación lineal, permite visualizar con mayor claridad la diferencia entre uno y otro tipo de criterio valorativo.

VALORES EPISTEMICOS	VALORES TECNOLOGICOS
<b>Valores Lógicos</b>	<b>Valores Instrumentales</b>
Coherencia interna. Sistematicidad o Unidad Conceptual. Exactitud lingüística. Posibilidad de Axiomatización	Confiabilidad. Eficacia-Efectividad. Operatividad-Practicidad. Simplicidad.
<b>Valores Empíricos</b>	<b>Valores Económicos</b>
Interpretabilidad empírica. Contenido empírico. Contrastabilidad (en principio). Base o apoyo empírico. Refutabilidad-falsabilidad.	Factibilidad. Adecuación. Productividad-Eficiencia. Economía (Amortización). Adaptabilidad-Flexibilidad.
<b>Valores Cognoscitivos</b>	<b>Valores Funcionales</b>
Poder explicativo. Poder predictivo. Poder heurístico. Exactitud.	Funcionalidad. Control-Previsión. Innovación. Precisión.
<b>Valores Relacionales</b>	<b>Valores Relacionales</b>
Apoyo teórico. Capacidad unificadora. Generalidad. Simplicidad. Compatibilidad extra-científica. Aplicabilidad.	Comunicabilidad. Compatibilidad-Normalización. Calidad. Apropiación. Conveniencia. Impacto. Invasividad. Sinergia.

## ETICA Y CIENCIA Y TECNOLOGIA

En muchos casos se apela a una neutralidad en la ciencia y la tecnología, de acuerdo con esta neutralidad estas actividades no son ni buenas ni malas.

En lo que sigue se pretende analizar la neutralidad o no de una y otra actividad en base al análisis de la naturaleza de sus productos, es decir de los conocimientos científicos y de los productos tecnológicos y de los valores que entran en juego en su selección y diseño.

El conocimiento: La verdad buena, la verdad mala.

Si se acepta que los problemas a los que la ciencia da respuesta son de tipo cognoscitivo, y que el producto de la ciencia para resolver a estos problemas es conocimiento<sup>3</sup>, como fue sostenido en el capítulo 2 de esta tesis, y que los criterios de evaluación de ese conocimiento son de tipo lógico, empírico, cognoscitivo y relacional, como se sostuvo en este capítulo, se estará de acuerdo también en que de este conocimiento no puede decirse más que:

- es correcto o incorrecto desde el punto de vista lógico;
- es verdadero o falso, en lo que respecta a sus predicciones empíricas;
- es relevante o irrelevante, en lo que respecta a su aporte cognoscitivo;
- es satisfactorio o insatisfactorio en lo que respecta a su relación con otros conocimientos.

Peró los valores bueno y malo quedan excluidos de estas valoraciones, ya que los adjetivos buena y mala no participan en los criterios de evaluación que permiten tomar decisiones en la

---

<sup>3</sup> descripciones, explicaciones, predicciones.

.construcción o selección de una teoría respecto de otra. Nadie en su sano juicio podía decir en un sentido literal "prefiero esta teoría porque es mas buena que esta otra" o "la corrección lógica de esta teoría es mala" o "la verdad de las predicciones de esta teoría son buenas" o "la relevancia de esta teoría es mas buena que la de esta otra" o, finalmente, " esta teoría da una satisfacción mas buena que esta otra".

Los productos tecnológicos: funciones buenas, funciones malas  
Existen diferentes concepciones respecto de la neutralidad de la Tecnología, al respecto Ricardo Gómez señala cuatro concepciones principales que se resumen a continuación:

**Aristotélico-Tomismo:** el conocimiento tecnológico y principalmente los artefactos son buenos/malos de acuerdo con el uso que se haga de ellos para alcanzar ciertas metas.

**Pesimismo:** La tecnología ha logrado autonomía con respecto a los valores, las ideas y el estado. La Tecnología debería ser controlada desde afuera, pero este control difícilmente podría ser exitoso.

**Tecnocratismo:** La tecnología es autónoma y valorativamente neutra. No debe existir ningún control desde afuera. Los tecnólogos no son moralmente responsables de los resultados de su trabajo.

**Marxismo:** La tecnología no es valorativamente neutra. Su evaluación depende de las metas de la estructura social. Su uso requiere crítica desalienante y control moral desde afuera.

Cohincidiendo personalmente con esta última concepción se pretenden brindar a continuación elementos de juicio que favorezcan

esta crítica, partiendo de los productos emergentes de la actividad tecnológica.

En el caso de los productos tecnológicos se sostuvo que los problemas que dan origen a la actividad tecnológica son de tipo práctico y los productos tecnológicos que dan respuesta a estos problemas son bienes, procesos o servicios; con respecto a los valores que orientan su selección y su diseño en este capítulo fueron clasificados en instrumentales, económicos, funcionales y relacionales, de manera que de un producto tecnológico podrá decirse que:

- es eficaz o ineficaz para cumplir con la función o controlar el aspecto de la realidad para el cual fue concebido.
- es eficiente o ineficiente en relación con los recursos que implica su producción y utilización.
- Es funcional o más funcional que otro producto para responder a un problema concreto.
- es conveniente o inconveniente su uso en relación con el contexto en que será empleado.

Pero, en dos de estos grupos aparecen elementos valorativos que sí pueden ser calificados como buenos o malos a saber:

- desde el punto de vista de su funcionalidad basta con preguntarse: ¿cual es la función que cumple o para la cual fue concebido este producto?, si el producto es por ejemplo una bomba atómica dicha función es la destrucción (ya sea en términos de agresión o de defensa) y esta destrucción no puede más que ser adjetivada como mala. En el caso de un corazón artificial la función es prolongar las probabilidades de supervivencia de un ser humano y, por lo tanto puede ser adjetivada como buena.

- el grupo de valores relacionales aporta un nuevo elemento de decisión, así, las consecuencias no deseadas o imprevistas del uso de un producto tecnológico pueden causar un impacto negativo sobre el ambiente, como la contaminación, o sobre la sociedad, como el desempleo, así un producto que podría ser evaluado como bueno desde su función, puede ser evaluado como malo por su relación con otros ámbitos.

Por lo tanto, la neutralidad que si puede sostenerse para el conocimiento científico, en tanto que enunciados que describen explican o predicen fenomenos asociados a aspectos de la realidad, no puede sostenerse, en el caso de la tecnología, en la medida que los productos tecnológicos se encuentran siempre asociados a funciones y relacionados con el contexto en que se utilizan. Es cierto que, en algunos casos la "bondad" o la "maldad" de las funciones que cumplen los productos tecnológicos resulta ambigua, o al menos discutible, alguien podría decir que la misma bomba atómica es mala cuando se la usa para la agresión y buena cuando se usa para la defenza, pero esto sucede también en el caso de las acciones humanas. Lo que es indiscutible es que, en la medida que puede discutirse cual es el calificativo para la función, o relación con el contexto de un determinado producto se admite que dicha calificación es posible.

#### IV LA ACTIVIDAD TECNOLÓGICA Y SU RELACIÓN CON LA CIENCIA: ¿UNIDA O SOMETIDA?

En el presente capítulo se pretende sostener que, en la mayoría de los casos, esta conjunción entre la ciencia y la tecnología solo se da en el nivel de los nombres de los organismos que promueven la investigación, pero no en el nivel de sus políticas. La prueba más palpable de esto se encuentra con sólo analizar los formularios para la solicitud de becas y/o subsidios de investigación.

Dos definiciones preliminares: La investigación sobre ... Y la investigación en ...

Definición 1: la investigación científica corresponderá a un nivel N, en la medida que refiera a problemas vinculados con la descripción, comprensión, explicación o predicción sobre los hechos o fenómenos de una determinada clase.

Definición 2: la investigación científica corresponderá a un nivel N+1, en la medida que refiera a problemas vinculados con la propia actividad científica como proceso o al conocimiento científico como producto, "tales como las circunstancias históricas, psicológicas y sociológicas que llevan a su obtención, y los criterios con los cuales se lo justifica o invalida" (Klimovsky, G., 1994, p:28) .

La investigación científica es de nivel N cuando el objeto que se investiga es diferente de sí misma y la investigación científica es de nivel N+1 cuando el objeto que se investiga es la propia ciencia, en ese caso estamos en presencia de una meta-ciencia.

En el caso de la investigación científica sobre la tecnología se tratará de una investigación científica de nivel N, ya que el

objeto de la investigación no es la ciencia sino la tecnología, que, como se señaló en los capítulos anteriores posee características distintivas.

Resulta sin embargo posible afirmar que se investiga científicamente sobre la actividad tecnológica en el mismo sentido que se investiga sobre la actividad científica, por ejemplo en este trabajo en que en ambos objetos se consideran como una actividad social de producción.

Pero se hace necesario aclarar que, aunque en ambos casos la investigación científica resulta análoga porque es "sobre" una actividad, eso no significa que el proceso de "investigación en" cada actividad sea también análogo. Justamente lo que se pretende destacar es que los procesos de diseño, innovación o desarrollo en tecnología no resultan análogos o isomórficos a la investigación científica.

Y para muestra basta un formulario, aunque si son dos o tres mejor

Un formulario típico de los que proveen las universidades para presentar el plan de trabajo a fin de gestionar una beca o subsidio de investigación se compone básicamente de los siguientes items:

- Tema o denominación
- Introducción o fundamentación
- Plan de trabajo a desarrollar
  - Objetivos
  - Hipótesis
  - Actividades
  - Cronograma
- Materiales, métodos y técnicas a utilizar
- Resultados previstos

- Bibliografía

- Citada

- Consultada

- Relación del plan con un proyecto mayor de investigación ya aprobado

- Recursos con los que dispone para llevar a cabo el plan propuesto.

Por supuesto este plan encuentra su correlato en la estructura del informe de avance, en el cual se requiere tenga en cuenta, al menos, los siguientes contenidos:

- Exposición sintética de la labor o las tareas desarrolladas

- Grado de cumplimiento del plan de trabajo

- Objetivos alcanzados

- hipótesis confirmadas o refutadas

- Métodos y técnicas empleados

- Bibliografía consultada

- Resultados obtenidos

- Trabajos publicados, aceptados, presentados y en elaboración para su publicación.

- Obstáculos encontrados, redefinición del plan, presupuesto, etc.

**LA CIENCIA:** la investigación y el conocimiento científico.

La concepción de ciencia que se trasluce a partir del análisis del modelo adoptado por los formularios de los organismos de promoción y financiamiento de la investigación<sup>1</sup> se corresponde con la llamada concepción estándar de ciencia, esto es una actividad cuyo procedimiento es la investigación científica, su estrategia la

---

<sup>1</sup> Aquellos que en general adoptan la CyT en su autodenominación.

utilización del método hipotético deductivo y su producto el conocimiento científico (tal como fue descrito en el capítulo I distinguible del conocimiento vulgar por determinadas características que le son propias)

Si bien puede discutirse que, aún en el caso de la investigación en ciencias naturales, el denominado método hipotético-deductivo pueda aplicarse más allá del contexto de justificación<sup>2</sup>, a modo de reconstrucción racional, no cabe duda que, en la medida en que se basa en formas válidas de razonamiento, resulta persuasorio y didáctico a los fines de la presentación de los resultados y avances de una investigación. Esta presentación consiste por lo tanto en el planteo de hipótesis plausibles de tipo general, a partir de un marco teórico, que se someten a un testeo empírico mediante la deducción de sus implicaciones contrastadoras, con la ayuda de hipótesis auxiliares, y su comparación con los datos de la experiencia.

La no correspondencia entre estas implicaciones y los datos empíricos dará como resultado la refutación de la hipótesis, su reformulación o la introducción de hipótesis *ad-hoc* según sea el modelo epistemológico adoptado<sup>3</sup>, la correspondencia entre las implicaciones contrastadoras y los datos empíricos dará como resultado la aceptación tentativa y provisoria de la hipótesis, ya que "el resultado favorable de una contrastación, por muy amplia y exacta que sea, no puede proporcionar una prueba concluyente de

---

<sup>2</sup> También puede discutirse si es válida la división entre los contextos de descubrimiento y de justificación en el caso de la investigación científica, pero no es el propósito de este trabajo extenderme sobre este tema.

<sup>3</sup> Existen discusiones entre las versiones de Popper, Lakatos y Hempel respecto de la actitud a tomar ante la hipótesis refutada.

una hipótesis, sino sólo un más o menos fuerte apoyo empírico, una mayor o menor confirmación." (Hempel, C., 1979)

El resultado de la actividad científica resulta por lo tanto un conocimiento formado por hipótesis rechazadas, modificadas, nuevas hipótesis o hipótesis confirmadas con mayor o menor grado de probabilidad y, en lo posible, articuladas en el *corpus* de una teoría científica.

Si se acepta la concepción estándar de ciencia<sup>4</sup>, y las características y procedimientos descritos como propios de la investigación científica, hay que admitir que resultan posibles de expresar en los términos de los informes y formularios de solicitud de becas o subsidios de investigación de los organismos mencionados.

#### LA TECNOLOGIA: El diseño y los productos tecnológicos

Así como la actividad distintiva de la Ciencia ha sido caracterizada como investigación científica, la actividad distintiva de la tecnología ha sido y es el diseño tecnológico.

Al respecto Aquiles Gay señala que "el diseño, entendido como actividad de concepción de la forma de los objetos, y los atributos a ella asociados, se remonta a los orígenes del hombre, quien, a lo largo de su existencia fue *diseñando* (en el sentido de configurar) los objetos que necesitaba." (Gay, A., 1994 b, p:11)

Este *diseñar* es una característica distintiva de la tecnología que permite la separación entre la etapa de concepción y de concreción de un producto tecnológico. Es en esta etapa de concepción, en la que se documentan las características del futuro producto constituyen lo que hoy en día denominamos diseño tecnológico.

---

<sup>4</sup> No es el propósito de este trabajo criticarla.

De manera similar al requisito de *contrastabilidad en principio*<sup>5</sup>, en el caso de las teorías científicas, se aplica a los diseños tecnológicos el criterio de factibilidad, que se refiere a la posibilidad, en principio, de concretar un determinado producto tecnológico. Un ejemplo en este sentido son los diseños de Leonardo Da Vinci, que, como en el caso del helicóptero, eran materializables en principio, mas allá de que las posibilidades tecnológicas de su época no lo permitieran.

### El diseño de productos

El diseño de productos revestirá diferentes formas según el tipo de producto a diseñar. Dado que los productos de la tecnología no son necesariamente objetos (por ejemplo, el de una tecnología gestional puede ser una organización), a los fines de su análisis<sup>6</sup>, este diseño contempla, dentro de la especificidad de cada caso, al menos los siguientes aspectos:

1. *La función.* - El cumplir una función (servir para algo), es una de las principales características de los productos tecnológicos, ya que la tecnología se propone necesariamente la solución de algún tipo de problema práctico.

---

<sup>5</sup> "...Ningún enunciado o conjunto de enunciados T puede ser propuesto significativamente como una hipótesis o teoría científica a menos que pueda ser sometido a contrastación empírica objetiva, al menos en principio. Es decir que debe ser posible derivar de T, en el sentido amplio (...) ciertas implicaciones contrastadoras de la forma «si se dan las condiciones de contrastación C, entonces se producirá el resultado E»; pero no es necesario que las condiciones de contrastación estén dadas o sean tecnológicamente producibles en el momento en que T es propuesto o examinado. (Hempel, C.; 1979: p 54)

<sup>6</sup> esto es también una reconstrucción racional, pero del programa de diseño.

2. *El funcionamiento.*- hace referencia a la forma en que esta función se cumple, es decir, ¿cómo funciona?, ¿qué tipo de energía requiere su operación?, ¿cuál es el consumo, el rendimiento, etc.?

3. *La estructura.*- se entiende por estructura un conjunto de elementos interrelacionados, interconectados e interactuantes que tiene como propósito cumplir un determinado objetivo o función. Este diseño consiste por lo tanto en la identificación de estos elementos y la forma en que se relacionan o conectan.

4. *La relación estructura-funcionamiento.*- consiste en establecer la relación entre la estructura y el funcionamiento del producto, es decir, la identificación de cómo cada uno de los elementos contribuye a la función del producto y, a su vez, la explicación de la función y los principios de funcionamiento de cada elemento y cómo contribuye cada uno de ellos al del conjunto.

5. *La forma.*- el diseño presupone la descripción detallada de la forma y apariencia del producto tecnológico. Abarca la selección de ciertas características juzgadas como relevantes que abarcan tanto lo dimensional (forma, longitudes, pesos, etc), como lo visual (configuración, color, brillo, etc), lo táctil (textura, rugosidad, etc.).

6. *El proceso productivo y el uso.*- se centra en la identificación de las ramas de la tecnología que entran en juego en la construcción y el funcionamiento de un determinado producto (sea un objeto o no). Esto es, en el caso de un objeto, los materiales, las herramientas y las técnicas empleadas para su producción. En cuanto a los productos de tecnologías blandas, este diseño implica relacionarlas, además, con las tecnologías duras que les sirven de base.

7. El análisis económico.— consiste en establecer las relaciones entre el costo o el precio del producto y la conveniencia de su adopción. Involucra variables tales como la duración, su costo de operación, las posibilidades y la forma de amortización y las relaciones costo-beneficio para la aplicación en cuestión.

8. El análisis comparativo/tipológico pretende establecer las diferencias y similitudes del producto con otros de acuerdo con los criterios que surgen de los análisis anteriores, mediante la construcción de esquemas clasificatorios o tipologías. Por lo tanto, implica comparar el producto con otros similares, ya sea por su forma, su estructura, su función, su funcionamiento, las tecnologías empleadas para su producción y el aspecto económico de su utilización.

9. El análisis relacional se propone establecer las vinculaciones del producto de la tecnología con su entorno —otros productos, el medio natural o el ambiente social—, ya sea por la complementariedad, su adecuación o por el impacto positivo o negativo que cause sobre los distintos aspectos del mismo.

10. La reconstrucción del surgimiento y la evolución histórica del producto.— consiste en el rastreo del origen histórico de los productos tecnológicos como una necesidad para su comprensión, ya que éstos no responden únicamente a la racionalidad de una época, sino que son el resultado de un proceso histórico que, en gran parte, explica el estado actual de su desarrollo (experimentación, madurez u obsolescencia), y permite su adopción y perfeccionamiento.

CUADRO II: CIENCIA PURA - CIENCIA APLICADA - TECNOLOGIA

ACTIVIDAD	OBJETIVOS	PROCESO PRODUCTIVO	PRODUCTO	INTERES
CIENCIA PURA	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Describir</li> <li>• Explicar</li> <li>• Predecir</li> </ul>	Investigación científica	Conocimiento	Cognoscitivo
CIENCIA APLICADA	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Modificar</li> <li>• Controlar</li> <li>• Optimizar</li> </ul>	Investigación científica	Conocimiento	Cognoscitivo Práctico
TECNOLOGIA	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Modificar</li> <li>• Controlar</li> <li>• Optimizar</li> </ul>	Diseño Tenológico	Bienes Procesos Servicios	Funcional Práctico

**LOS MODELOS EN TECNOLOGÍA:** Diseño y documentación técnica.

A partir de la caracterización de las diferencias entre los productos y los procedimientos de la ciencia y la tecnología y de los valores que operan en uno y otro caso se aborda ahora la problemática del papel que juegan los modelos en la actividad tecnológica especialmente en las fases de diseño y en la de elaboración documentación técnica necesaria para la concreción de los productos tecnológicos.

De acuerdo con las diferencias presentadas entre la actividad tecnológica y la científica resulta posible también establecer diferencias en el papel que cumplen los modelos en cada uno de los campos. Quizás la diferencia fundamental esté dada por la diferencia en la pretensión respecto del alcance de los modelos en ambas actividades, diferencia ésta que se debe a los distintos objetivos que se propone alcanzar con cada actividad y a los valores que orientan la toma de decisiones y la evaluación de sus productos.

En la medida que a través de la ciencia, el científico aspira conocer, explicar y/o comprender racionalmente el mundo que lo rodea y los fenómenos a él relacionados, los modelos operan como

simplificaciones, esto es pretenden seleccionar ciertos elementos, características, relaciones o propiedades que se juzgan relevantes en relación con una teoría a fin de permitir aprehender la realidad y se complejizan en la medida que favorezca una mayor comprensión de la misma. De estos modelos se espera que sean de alcance general, es decir, que sirvan para describir, explicar o predecir todos los fenómenos de determinado tipo, esto es aquellos que comparten los mismos elementos, características, relaciones y propiedades.

Por su parte, el *tecnólogo*, mediante la tecnología aspira transformar o controlar ese mundo y, de modo paradigmático, el diseño de un nuevo producto (bien, proceso o servicio) es una actividad anticipatoria que consiste en una modelización de la realidad en la que se da una descripción y un análisis detallado de las características de un producto que aún no fue concretado. En este diseño se pretende dar cuenta de *todas* las características de ese nuevo producto de acuerdo con el margen de tolerancia preestablecido en cuanto a la precisión que se pretenda en su concreción.

Dado que una de las características fundamentales de la actividad tecnológica es la comunicabilidad, que brinda la posibilidad de separar las funciones de concepción (diseño) y concreción (construcción, fabricación, implementación, etc.) la versión más acabada de este diseño se plasma en lo que se denomina un *legajo de especificaciones técnicas* o documentación técnica que consiste en una descripción o representación altamente detallada de las características del futuro producto.

La pretensión del alcance de la previsión tecnológica, en el caso de un diseño plasmado en un legajo de especificaciones

técnicas, estaría dado por el siguiente ejemplo hipotético: sea un legajo técnico *L1* con un determinado margen de tolerancia en la precisión, elaborado por un *tecnólogo T1* en base al cual se concreta un producto *P1*, y un *tecnólogo T2* que en base al análisis de ese producto elabora un nuevo legajo *L2*, con igual margen de tolerancia en la precisión, cualquiera de los dos legajos en cuestión debería permitir la elaboración de un nuevo producto *P2* que no debería diferir de *P1* mas allá del márgenes de tolerancia en la precisión especificado.

Esta previsión es posible, entre otras cosas, gracias a los aspectos del *lenguaje técnico*, y a los valores *previsión, control, normalización y calidad* que fueron descriptos en el capítulo anterior.

Para terminar, resulta importante destacar que existen otros tipos de modelos que se utilizan en tecnología (modelos físicos, esquemas, maquetas, prototipos, modelos a escala, distorsionados, etc.), cuya descripción excede el alcance del presente trabajo, pero su utilización cobra sentido en la medida que se articulan como instancias durante el proceso de diseño tecnológico, ya que la expresión última de este diseño mediante un legajo de especificaciones técnicas es siempre el modelo mas acabado que se utiliza en la actividad tecnológica.

Un espacio para la innovación: la investigación tecnológica.

Uno de los aspectos fundamentales de la investigación en tecnología lo constituye la *innovación tecnológica*, esto es, como fuera definido en el capítulo 3, la incorporación del conocimiento -propio o ajeno- con el objeto de generar o modificar un diseño o proceso productivo. El propiciar este tipo de investigación

requiere sin lugar a duda una discriminación entre la investigación en ciencia y la investigación en tecnología, tanto en el plano de su estudio, esto es las "investigaciones sobre...", como en el plano de las políticas para la asignación de los recursos por parte de los organismos de promoción y financiamiento de la investigación.

Se impone la necesidad de que palabras tales como diseño, eficiencia, eficacia, funcionalidad, factibilidad, adecuación, conveniencia, aptitud, etc. pasen a engrasar el vocabulario de las solicitudes de becas y subsidios y de los informes de investigación.

Gay señala al respecto de la distinción entre diseño tecnológico e investigación científica: "Debemos reconocer que los dos campos, el de la ciencia y el de la tecnología, muchas veces se tocan, sobre todo en los trabajos de investigación y desarrollo, y algunas veces pueden llegar aún a sobrepasarse, particularmente en algunos procesos muy sofisticados, pero la zona gris de confluencia de ambos (siempre pequeña) no invalida en lo mas mínimo el razonamiento que hemos hecho en cuanto a la diferencia entre los dos campos, pues generalmente se puede determinar si lo que se está haciendo es investigación, o desarrollo (diseño)." (Gay, Aquiles, 1994 a, p: 57)

En palabras de Mario Bunge (1968) *"la ciencia y la tecnología constituyen un ciclo de sistemas que se alimentan el uno al otro"*. Pero no deben confundirse, no parece exagerado afirmar que casi ninguna de las grandes innovaciones o desarrollos tecnológicos hubiera logrado brindar un informe de avance satisfactorio bajo los estándares que se proponen para la ciencia.

## V CAMBIO TECNOLÓGICO, CAMBIO CIENTÍFICO

En este capítulo se pretenden reseñar las notas distintivas del cambio o desarrollo tecnológico y la relación que existe entre éste y el cambio o progreso científico.

### El problema del cambio

Sin duda el cambio en las sociedades tiene como principal motor el desarrollo de las fuerzas productivas. Entre ellas, tal como fuera señalado en los otros capítulos, la tecnología ocupa un rol fundamental que se manifiesta en su invasividad y su impacto sobre la naturaleza, el ambiente y la sociedad.

Si bien, como fue mencionado en el capítulo 3, existen distintas apreciaciones respecto de lo positivo o negativo del cambio tecnológico, planteadas éstas desde una perspectiva externa a la propia tecnología, en este capítulo se dejará de lado esa discusión respecto de "lo bueno" y "lo malo" del cambio tecnológico y se concentrará el esfuerzo en dar respuesta a las preguntas:

¿Cuáles son las notas distintivas del cambio tecnológico?

¿Qué relación mantiene este cambio con el cambio científico?

### El cambio tecnológico: desarrollo vs. progreso

Para calificar la evolución de la tecnología se ha elegido en este trabajo el término *desarrollo* en lugar de *progreso* por carecer el primero de las connotaciones valorativas del segundo en cuanto a que el resultado de este cambio signifique un mejoramiento respecto de un estado anterior en algún sentido.

El concepto de progreso trae consigo una idea de avance, de mejoramiento, de direccionalidad, pero, en este sentido, hablar

del cambio tecnológico como progreso parece contradictorio, o al menos ambiguo, si se acepta una tesis del tipo pesimista como la de Jacques Ellul (Ellul, J., 1983) que afirma que todo uso exitoso de una técnica genera más problemas de los que resuelve.

El concepto de desarrollo, en cambio, remite a la idea de crecimiento, en ~~este~~ mismo sentido que el término desarrollo se aplica para referir al crecimiento de los seres vivos, y por lo tanto, parece ser más adecuado para referir al cambio tecnológico, teniendo en cuenta especialmente que la tecnología efectivamente crece en su control sobre la realidad (Quintanilla, Miguel, 1991).

#### El desarrollo tecnológico: invasividad e impacto

Admitiendo que del desarrollo de la tecnología resulta un mayor control sobre la realidad, este control tiene dos dimensiones: o bien este mayor control se manifiesta en un mayor *impacto*, un mayor *control* o dominio sobre algún aspecto de la realidad, o bien se manifiesta en una mayor *invasividad*, es decir este control se extiende sobre más aspectos de la realidad, ya sea sobre la naturaleza o sobre otros productos tecnológicos como objetos, artefactos y/o procesos en la búsqueda de solución a problemas prácticos.

Volviendo a la diferencia entre desarrollo y progreso, este mayor control es sin lugar a dudas una nota distintiva del desarrollo tecnológico, pero sólo resultará progreso en la medida que se relacione con los valores vigentes en un determinado contexto socio-histórico, así, ante la primacía de un valor como la eficiencia la incorporación de la tecnología nuclear en la producción de energía resulta un progreso respecto de otras tecnologías, pero esta misma incorporación de tecnología nuclear

resultará un retroceso en un contexto socio-histórico cuya escala valorativa privilegie ~~el~~ bajo impacto ambiental. (véase capítulo 3)

**El progreso científico: acercamiento a la verdad o predicciones exitosas**

El progreso científico, en cambio, se da o bien por la aparición de nuevas teorías que permiten abarcar<sup>1</sup> nuevos aspectos de la realidad o bien por la sustitución o cambio de teorías satisfactorias por teorías más satisfactorias, ya sea que esta satisfacción esté determinada por "un mayor acercamiento a la verdad" desde una concepción realista crítica (Popper, K., 1965), por una mayor "confirmación" desde una posición inductivista (Hempel, C., 1979) o, desde una posición instrumentalista, por una mayor capacidad predictiva, al decir de Kuhn (Kuhn, T., 1977) una "mayor capacidad para resolver enigmas", esto es o bien una mayor exactitud en la resolución de un enigma o bien capacidad para resolver más enigmas.

Es así que, el principal valor en juego para la evaluación de una teoría científica, una vez establecida su coherencia interna y su relevancia explicativa, estará dado por el resultado la contrastación o testeó de las predicciones que de esta se derivan con los hechos de la experiencia, ya sea que a partir de un resultado exitoso ésta contrastación se le adjudique a la teoría en cuestión un mayor "grado de verosimilitud", una mayor "confirmación" o una mayor "capacidad predictiva".

---

<sup>1</sup> Describir, explicar, predecir.

Tecnología y Ciencia: eficiencia vs. verdad o exactitud.

El desarrollo tecnológico, en cambio, en la medida que el producto de la actividad tecnológica no son conocimientos sino bienes procesos y/o servicios, se da en términos de funcionalidad, es decir que el desarrollo tecnológico se da o bien por la aparición de nuevos productos que permitan controlar nuevos aspectos de la realidad, o bien por la sustitución o cambio de productos tecnológicos eficientes en el control de un aspecto de la realidad por productos tecnológicos mas eficientes en dicho control.

Pero estos productos que emergen del desarrollo tecnológico no se ven afectados ni cuando el conocimiento (científico o no) que le sirve de base es "falsado" ni cuando el "paradigma" bajo el cual se explica su funcionamiento es sustituido por un nuevo paradigma, estos productos *funcionan*, y el funcionamiento no admite refutación alguna, tal es el caso de la bomba aspirante-impelente, que como se señaló en el capítulo 2, se desarrolló mucho antes que la teoría del *mar de aire* de Torricelli y que sigue funcionando casi sin modificaciones hasta nuestros días.

Es así que ante una petición de principios respecto de la justificación de un conocimiento involucrado en el diseño de un producto tecnológico, este conocimiento será evaluado también en términos de funcionalidad y eficiencia, y no por su acercamiento a la verdad, ni por su capacidad predictiva, ya sea por la exactitud o la cantidad de predicciones que de el se derivan.

Es por eso que, de acuerdo Mario Bunge, hay teorías ya superadas u obsoletas, desde el punto de vista científico, que resultan útiles en el diseño de productos tecnológicos y teorías actuales que resultan carentes de toda aplicación tecnológica,

"porque la mayor parte del conocimiento científico está demasiado lejos de la práctica o incluso es irrelevante para ella" (Bunge, M., 1980, p: 683) y, este conocimiento, no es el objetivo sino el medio de la tecnología, el objetivo es un producto que brinda una solución o respuesta que es funcional en relación con un problema práctico que surge de una demanda, de una necesidad o simplemente de un deseo del tecnólogo.

#### Conocimiento y tecnología: la innovación tecnológica

Uno de los mecanismos fundamentales del cambio en tecnología es la denominada *innovación tecnológica*, que, tal como se la definió en el capítulo 3, consiste en "la incorporación de conocimiento", pero este conocimiento a incorporar no es necesariamente científico.

Un claro ejemplo en este sentido lo constituye el uso y desarrollo de los fertilizantes en el campo de la tecnología agrícola (véase al respecto Jaffe, B., 1976). Durante muchos años se supo que el uso intensivo de la tierra de cultivo la agotaba, es decir, producía una disminución en la fertilidad, una primer innovación estuvo dada por la incorporación del conocimiento (pre-científico) de que arrojar en la tierra de cultivo los desechos orgánicos aumentaba la fertilidad de la tierra, hecho que en muchas culturas recibió explicaciones de carácter mítico; en 1840 Liebig descubrió que el verdadero fertilizante son las sales solubles de nitrógeno y a partir de este descubrimiento, ahora sí científico, y su incorporación en el proceso productivo agrícola, se elaboraron los primeros fertilizantes en base a las sales de nitrógeno del guano y del salitre extraídos fundamentalmente de la

costa boliviana<sup>2</sup> y peruana en el Pacífico, posteriormente se lograron sintetizar las sales solubles de nitrógeno y así, utilizando este nuevo conocimiento, se elaboraron fertilizantes artificiales<sup>3</sup>.

Nótese que a lo largo de sucesivas innovaciones tecnológicas entran en juego diferentes tipos de conocimiento, no sólo científico y que mucho del conocimiento utilizado en el desarrollo de la tecnología precede a la teoría científica que lo explica.

Ejemplos en este sentido se encuentran en el desarrollo de instrumentos ópticos utilizados en la observación científica antes del descubrimiento de las leyes de la óptica, como el telescopio de Galileo; o el uso de la energía eléctrica para iluminación por parte de Tomás Edison antes de que se descubriera la naturaleza de la electricidad.

En otros casos esta innovación se realiza utilizando teorías científicas ya superadas desde el punto de vista científico, ya que como se ejemplificó en la introducción, en el diseño del instrumental óptico que se realiza hoy en día se utiliza "casi exclusivamente lo que se sabía de la luz a mediados del siglo XVII" (Bunge, Mario, 1980: p 687); lo mismo ocurre en el caso del diseño de estructuras resistentes para edificios, sistemas mecánicos o hidráulicos, que se basan casi exclusivamente en la Mecánica Clásica.

---

<sup>2</sup> Es justamente esta riqueza natural la que motivó la Guerra del Pacífico, por la que hoy en día ya no hablamos de "costa boliviana" sino de "costa chilena".

<sup>3</sup> y la codiciada costa perdió su próspero crecimiento económico, pero esa es otra historia.

### El desarrollo tecnológico: un camino de ida

Si se acepta lo expuesto, no queda más que aceptar también que en el campo de la Ciencia puede discutirse, y de hecho se discute, el carácter acumulativo del conocimiento científico, ya que la sustitución de una teoría o paradigma por otro significa que algunas teorías que eran consideradas satisfactorias se transforman en insatisfactorias, ya sea esto porque pasan a ser consideradas falsas, en cuanto a su valor de verdad, o inapropiadas, en cuanto a su exactitud o capacidad predictiva, como es el caso de la Mecánica Clásica en lo que respecta a su uso para explicar o predecir el comportamiento de sistemas físicos de altas velocidades y baja inacción (veáse de la Torre, A., 1988).

No ocurre lo mismo con el desarrollo la Tecnología, ya que un producto tecnológico satisfactorio no deja de funcionar para el destino previsto aunque sea reemplazado por un producto mas eficiente, es así que las máquinas de escribir mecánicas siguen funcionando aún cuando existan las electromecánicas, las electrónicas y las computadoras con procesador de textos e impresora laser.

Y, lo que es aún mas importante, un producto tecnológico no deja de funcionar porque el conocimiento en que se basó su diseño sea considerado falso u obsoleto desde el punto de vista científico.

Sin duda, en muchos casos, el conocimiento científico resulta relevante en la innovación o el diseño de productos tecnológicos, que es en definitiva lo que justifica la existencia de la llamada ciencia aplicada; pero, así como la *aplicabilidad tecnológica* no es un requisito para justificar la aceptación de un conocimiento como "científico", la *cientificidad* del conocimiento utilizado en

el diseño tecnológico no es un requisito para justificar el diseño, selección o uso de un producto tecnológico.

Tomas Buch (1996: p11) define la relación entre Ciencia y Tecnología como un "matrimonio de conveniencia" mediante el cual ambas actividades se enriquecen mutuamente pero aclara "se relacionan entre sí pero no se confunden".

Para finalizar, resulta posible reafirmar que, si bien existe una influencia mutua entre el cambio científico y el cambio tecnológico, las notas distintivas de uno y otro cambio hacen pensar que no es posible establecer una relación causal entre el progreso científico y el desarrollo tecnológico.

## VI CUANDO LA CIENCIA ES APLICABLE:

### LA ANALOGÍA DE TERZAGHI

Si bien en algunos casos, el problema científico surge de la tecnología y, la solución tecnológica se basa en la respuesta científica, esto no significa que la solución del problema tecnológico sea la solución del problema científico.

En el ejemplo que se desarrolla en este capítulo se realiza un análisis del modelo científico para la consolidación de suelos saturados desarrollado por Terzaghi en 1923, modelo que dio origen a la Mecánica de los Suelos, para luego comparar este modelo con:

- a) el diseño tecnológico del edómetro de Casagrande, que se basa en dicho conocimiento y que permite obtener datos respecto de las propiedades que aparecen en el modelo científico.
- b) el diseño tecnológico que responde al problema original, es decir el diseño de una solución para la fundación en suelos compuestos por arcillas saturadas.

A través del análisis de un modelo científico y su comparación con los modelos tecnológicos que en él se sustentan, se pretende remarcar las diferencias entre uno y otro tipo de modelos, que resultan en diferentes marcos de análisis, a la vez que se pretende ejemplificar un caso de la llamada *ciencia aplicada*, que, como ya fuera aclarado, quizás debería denominarse más adecuadamente *ciencia aplicable*.

A problemas tecnológicos, respuestas científicas

El problema que da origen al modelo que se analiza en este apartado es el fenómeno denominado *consolidación de suelos*, que consiste en el asiento gradual de un terreno saturado en agua provocado por la acción de fuerzas estáticas -externas o por su propio peso-. Resulta importante destacar que por sus

características este fenómeno resulta diferente al fenómeno de compactación de suelos que consiste en la compresión artificial de un terreno por medios mecánicos, que ya era conocido en 1923.

El problema tecnológico asociado a este fenómeno surge en la fundación de edificios sobre suelos arcillosos saturados en agua, ya que las bases de dichos edificios se hundían gradualmente en el terreno aún mucho después de construido éste. Dicho problema tecnológico puede plantearse en los siguientes términos:

¿cómo evitar que el edificio fundado sobre arcilla saturada se hunda gradualmente?

Desde el punto de vista científico, por su parte, la pregunta que se plantea a fin de lograr un conocimiento aplicable en la solución del problema tecnológico es:

¿por qué se produce un asiento gradual de las arcillas saturadas cuando las cargas actúan durante un tiempo prolongado?

#### Algunos conceptos previos

A los fines de su estudio resulta posible diferenciar en una muestra de suelo tres tipos de componentes. Sea  $V$  el volumen de la muestra existe una parte del volumen que está ocupada por el suelo propiamente dicho ( $V_s$ ), otra parte por agua ( $V_w$ ) y otra por aire ( $V_a$ ). Conforme al esquema que se presenta en la *Figura 1*

El volumen de agua y el de aire constituyen el volumen de vacíos ( $V_v$ ) de la muestra

$$V_w + V_a = V_v$$

Se define como *porosidad* al porcentaje de vacíos respecto del volumen total, conforme a la expresión:

$$n = \frac{V_v}{V_s} \times 100$$



Figura 1: Esquema aclaratorio del concepto de porosidad

Se dice que el suelo está saturado cuando el total del volumen de vacíos está ocupado por agua, esto es:

$$V_v = V_w \quad \text{y} \quad V_a = 0$$

Se define como *asiento* a la disminución del volumen de un suelo, que se manifiesta normalmente en un descenso vertical.

La *permeabilidad* es la propiedad que tiene un suelo de dejar pasar el agua a través de él. El *coeficiente de permeabilidad* se define como la velocidad media ideal ( $v$ ) del movimiento de agua a través del área una sección transversal de suelo a una presión determinada.

#### El objeto modelo de Terzaghi: análisis epistemológico

De acuerdo con Mario Bunge (1981: p 24), un objeto modelo  $m$  es una representación esquemática y convencional de un objeto real o concreto  $r$ . Terzaghi utiliza el siguiente *objeto modelo* (Figura 2) para presentar su teoría de la consolidación de suelos:

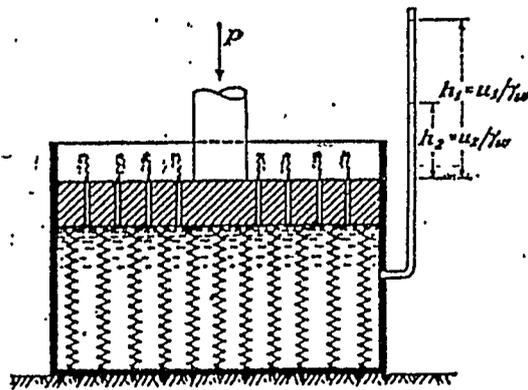


Figura 2: Analogía de Terzaghi para explicar la consolidación

El dibujo representa un cilindro lleno de líquido con un pistón acoplado en el interior del cilindro que es soportado por un sistema de muelles. El pistón lleva varios orificios pequeños por los que el líquido puede escapar si se aplica en el pistón una carga  $P$ .

El tubo adosado a la pared del cilindro representa un piezómetro que se utiliza para determinar la presión que soporta el agua contenida por el cilindro.

#### El modelo teórico

El *modelo teórico*  $T_s$  es una teoría específica referida a un aspecto de la realidad  $r$ , que especifica su comportamiento y/o sus mecanismos internos, por vía del objeto modelo  $m$ ; este modelo teórico  $T_s$  se "encaja" en una teoría general  $T_g$  (Mario Bunge, 1981: pp 24-26).

El modelo teórico, en el caso de la analogía de Terzaghi, se inscribe en la Mecánica Clásica o Newtoniana, en la que ya se habían desarrollado los capítulos correspondientes a la mecánica de los sólidos y a la mecánica de los fluidos.

De acuerdo con las leyes de la hidrostática, la altura ( $h_i$ ) a la que sube el agua en el piezómetro representa la parte de la presión que es soportada por el agua ( $u_i$ ) en cada instante ( $T_i$ ) de acuerdo con la expresión:

$$u_i = h_i \times \gamma_w$$

donde  $\gamma_w$  es el peso específico del agua, que vale 1, y por lo tanto:

$$u_i = h_i$$

En el instante inicial ( $T_0$ ) la presión total ( $p$ ) ejercida por la carga ( $P$ ) del pistón es totalmente soportada por el agua es decir:

$$p = u_0$$

Conforme el agua escapa por los orificios el pistón desciende y una parte de la presión es tomada por los resortes. En un instante  $T_i$  la lectura en el piezómetro será  $h_i$  correspondiente a una presión  $u_i$  y, dado que  $p$  es constante y se observa en el piezómetro una reducción de la presión ( $u_i < u_0$ ) la diferencia de presión será la que corresponde a los resortes ( $\sigma_i$ ) de acuerdo con la expresión:

$$\sigma_i = p - u_i$$

En el instante  $T_f$  en que la altura del piezómetro es cero ( $h = 0$ ) la presión tomada por el agua será nula ( $u_f = 0$ ), y por lo tanto el total de la presión  $p$  será tomada por los resortes, es decir:

$$\sigma_f = p$$

#### La interpretación de la analogía

Las relaciones de analogía se establecen según Bunge (1981: pp 223 y ss) entre representante y representado, la analogía se plantea en este caso bajo la forma  $N \times A$ , es decir entre un objeto modelo

perteneciente al conjunto de los artefactos  $A$  que representa un objeto perteneciente al conjunto de los objetos naturales  $N$ .

El objeto modelo, *representante*, es el artefacto descrito en el apartado correspondiente y el objeto natural, *representado*, es un suelo saturado en agua y sometido a la acción de cargas verticales (fuerzas estáticas), a su vez, el funcionamiento del artefacto (modelo teórico) representaría el fenómeno *consolidación de suelos*.

Por lo tanto, la analogía de Terzaghi permite la siguiente interpretación, en el marco de la mecánica clásica, que es la que da origen al campo de la mecánica de los suelos, ya que éstos no podían ser estudiados ni por la mecánica de los sólidos ni por la de los fluidos porque los suelos involucran materiales de ambos tipos.

El pistón con la carga  $P$  representa la acción de las fuerzas estáticas.

Los orificios representan la permeabilidad del suelo, una disminución en el tamaño o en la cantidad de los orificios representará una disminución en la porosidad.

Los resortes representan la estructura sólida del suelo.

El agua que llena el cilindro representa al agua contenida en un suelo saturado.

La parte de la presión que es soportada por el agua en cada instante ( $u_i$ ) se denomina *presión neutra*, ya que no tiene efectos sobre el suelo.

La parte de la presión que es soportada por los resortes ( $\sigma_i$ ) representa la *presión efectiva* que soporta el suelo.

El instante  $T_0$  representa el inicio de la consolidación.

El instante  $T_f$  representa el final de la consolidación.

El instante  $T_i$  representa un instante cualquiera en el intervalo que transcurre entre el inicio ( $T_0$ ) y el final ( $T_f$ ) de la consolidación.

#### Algunas simplificaciones

Tal como lo señala Marx Wartofsky (1978: p 178) en el modelo se destacan como pertinentes sólo ciertas propiedades que se consideran importantes para la investigación.

De acuerdo con el modelo, el asiento de un suelo se produce solo por la reducción del volumen de vacíos, esto es, una reducción de la porosidad. Esta simplificación significa desprestigiar la reducción del volumen de los granos de suelo por efecto de la compresión.

Por otra parte se desprestigian algunas propiedades de los suelos tales como la *granulometría* (tamaño y forma de los granos), la *composición química*, el *peso específico* o el *color* del suelo por ser consideradas irrelevantes de acuerdo con el marco teórico en que se encuadra el problema en cuestión.

#### Las consecuencias de la analogía de Terzaghi

La primera consecuencia que se destaca, y quizás la más importante desde el punto de vista científico, del modelo utilizado por Terzaghi, fue la aparición de la *mecánica de los suelos* que se constituye, a partir de la analogía de Terzaghi, y su solución matemática rigurosa en 1923, como un nuevo campo en el estudio de la materia, que difiere de la *mecánica de los sólidos* por la influencia predominante que ejerce el agua contenida en los poros en las propiedades de los suelos y por la importancia fundamental del factor tiempo en el estudio de estas propiedades.

## LAS APLICACIONES TECNOLOGICAS

En lo que sigue se presentan dos aplicaciones tecnológicas de la analogía de Terzaghi, la primera, el edómetro de Casagrande, se presenta como respuesta al problema tecnológico:

¿cómo determinar las propiedades del suelo que surgen del modelo teórico de Terzaghi?

La segunda representa la respuesta al problema planteado inicialmente:

¿cómo evitar que el edificio fundado sobre arcilla saturada se hunda gradualmente?

El edómetro de Casagrande: análisis tecnológico.

La primera aplicación tecnológica fue la base que brindó este modelo para que, algunos años mas tarde, Artur Casagrande pudiera diseñar y construir su edómetro (Figura 3), artefacto que se utiliza hasta la actualidad, con algunas variantes, para la ejecución de ensayos de consolidación, compresibilidad y permeabilidad de arcillas saturadas.

De acuerdo con lo expresado en el capítulo 5 acerca del diseño tecnológico, como procedimiento distintivo en la producción tecnológica, el análisis de productos pretende brindar un marco de análisis para la reconstrucción racional de un programa de diseño.

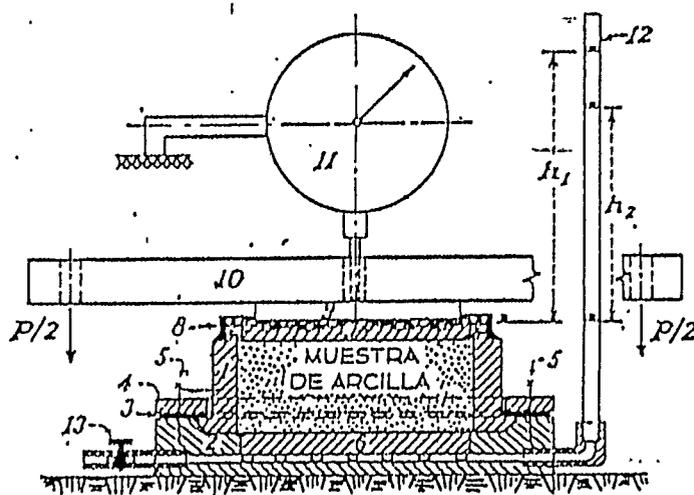
A través de este análisis se pretende resaltar la diferencia en la complejidad de los modelos científicos y tecnológicos, mediante la comparación entre el modelo de Terzaghi y el aparato de Casagrande, aún cuando este último intenta reproducir el comportamiento del primero. Esta comparación permite comprender la magnitud de las simplificaciones y representaciones que aparecen en la formulación del modelo científico presentado.

En el análisis de su diseño aparecen los siguientes elementos:

*La función:* instrumento que sirve para la ejecución de ensayos de "consolidación," compresibilidad y permeabilidad de arcillas saturadas.

*El funcionamiento:* el edómetro de casagrande intenta reproducir el funcionamiento del objeto modelo de Terzaghi.

*La estructura:* es lo representado en la Figura 3 donde se observa cada parte y su forma de conexión y sustentación.



- |                               |                                     |
|-------------------------------|-------------------------------------|
| (1) anillo de bronce macizo.  | (8) anillo con junta de masilla     |
| (2) base de bronce            | (9) chapa de bronce                 |
| (3) anillo de goma            | (10) yugo para aplicar la carga $P$ |
| (4) anillo de chapa de bronce | (11) flexímetro                     |
| (5) tuercas                   | (12) piezómetro                     |
| (6) filtro poroso inferior.   | (13) llave de paso                  |
| (7) filtro poroso superior    |                                     |

Figura 3: Edómetro de Casagrande

*La relación estructura-funcionamiento*

El anillo de bronce macizo(1) tiene la función de contener la muestra de suelo.

La *base de bronce*(2) tiene la función de soportar el edómetro, está equipado con canales que dejan escurrir el agua.

El *anillo de goma*(3) opera como junta impermeable entre el *anillo de chapa*(4) y la *base*(2).

El *anillo de chapa de bronce* (4) sujeta el *cilindro*(1) sobre la *base de bronce*(2).

Las *tuercas*(5) ajustan el *anillo de bronce macizo*.

El *anillo metálico superior* (8) con *junta de masilla* sostiene la muestra de suelo, la masilla evita la pérdida de agua.

Los *filtros porosos inferior*(6) y *superior* (7) tienen como propósito confinar la muestra pero dejar escurrir el líquido libremente.

La *chapa de bronce*(9) tiene como propósito distribuir uniformemente la carga aplicada por medio del *yugo*(10)

El *yugo*(10) se utiliza para aplicar la carga P

El *flexímetro*(11) se utiliza para medir asentamientos, la precisión debe ser como mínimo 1/400 de milímetro.

El *piezómetro*(12) tiene como función medir la presión neutra en cada instante.

La *llave de paso*(13) tiene como función permitir llenar de agua el *piezómetro*.

La *forma*: el diámetro del *cilindro* es de 6 cm, la altura de 2,5 cm para ajustarse al tamaño del *tomamuestras*

El *proceso productivo*: las piezas que forman el edómetro son de *bronce fundido*, y su terminación es pulida opaca, las piedras porosas deben tener la máxima permeabilidad posible.

El *uso*:

La muestra de arcilla a utilizar se coloca en el anillo macizo, esta muestra debe ser inalterada en su contenido de humedad y en

su compacidad. Se usan herramientas cortantes especiales para esta delicadísima operación que requiere gran habilidad y experiencia para su feliz realización.

El anillo macizo(1) con la muestra de arcilla se tapa con los dos filtros porosos (6 y 7) y se ajusta en la base de bronce (2) por medio del anillo de chapa(4) y las tuercas(5), colocando entre anillo de chapa y el anillo macizo el anillo de goma(4) a fin de constituir una junta estanca.

Luego se coloca el anillo (8) cerrando la junta con masilla de modo que se pueda mantener el agua sobre la superficie de la muestra, para evitar la pérdida de humedad por evaporación.

Se llena de agua el piezómetro(12) por medio del grifo(13)

Se aplica la carga mediante el yugo(10) y la chapa de bronce(9).

Esta carga se aplica duplicando cada vez la carga anterior de manera de duplicar la presión cada vez Ej. 0,2-0,4-0,8.....

Kg/cm<sup>2</sup>. A cada incremento de carga se le deja un período de consolidación de 24 hs., hasta que el proceso de consolidación se detenga.

Se lleva un registro detallado de el asentamiento que se lee en el flexímetro y la presión neutra que se lee en el piezómetro; al terminar cada período de consolidación después de cada incremento de carga.

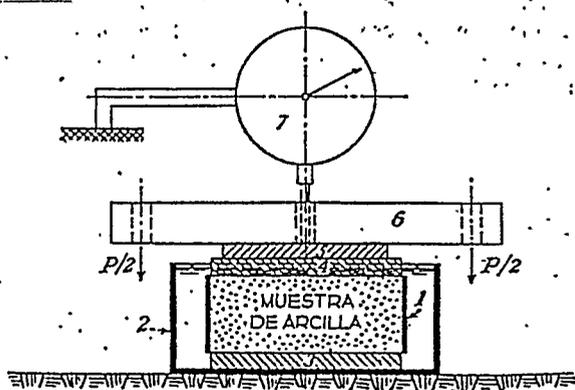
Se realiza un proceso de descarga quitando cada vez la mitad de la carga, dejando dilatar la muestra de arcilla 24 hs. cada vez, hasta quitar la carga completa.

Se lleva un registro detallado de el asentamiento que se lee en el flexímetro y la presión neutra que se lee en el piezómetro; al terminar cada período de dilatación después de cada quita de carga.

Se representan los datos obtenidos en una escala semilogarítmica en la que el acortamiento o alargamiento de la muestra corresponde a la ordenada, y la presión a la abscisa.

*Análisis económico:* el edómetro de Casagrande permite obtener mediante un único ensayo datos referidos a la consolidación, compresibilidad y permeabilidad de arcillas saturadas en forma unificada.

*Análisis comparativo:* Existen edómetros de tipo simplificado como el que aparece en la Figura 4, llamado edómetro de anillo flotante, pero, este tipo de edómetro no puede usarse para ensayar arcillas muy blandas, ni para la realización de ensayos directos de permeabilidad, pese a ello, su bajo precio hace que su uso sea frecuente en ensayos de rutina.



- |                                     |                                    |
|-------------------------------------|------------------------------------|
| (1) anillo delgado ligero de bronce | (5) chapa de bronce                |
| (2) depósito                        | (6) yugo para aplicar la carga $P$ |
| (3) filtro poroso inferior          | (7) Flexómetro                     |
| (4) filtro poroso superior          |                                    |

Figura 4: Edómetro de anillo flotante

*análisis relacional:* este aparato se relaciona fundamentalmente con el tomamuestras en lo que respecta a sus dimensiones, y los datos con el obtenidos se utilizan en el diseño de fundaciones para edificios en la ingeniería civil.

*reconstrucción del surgimiento y la evolución histórica:* Este aparato fue diseñado por Artur Casagrande en 1927, y permanece casi sin modificaciones hasta nuestros días.

#### Los drenes de arena de O. J. Porter

En base a la explicación de la consolidación de Terzaghi y los datos empíricos obtenidos con el edómetro de Casagrande se idearon procedimientos para evitar el asentamiento del terreno una vez construido el edificio.

El ejemplo que se presenta a continuación llamado pre-consolidación corresponde a la primera vez que se utilizaron los drenes de arena en forma efectiva. El diseño fue realizado a principio de los años '30 por O.J. Porter (fuente Tschebotarioff, G., 1972).

*La función:* acelerar el proceso de consolidación con anterioridad a la ejecución de las obras de fundación.

*El funcionamiento:* la pre-consolidación pretende reproducir el funcionamiento del edómetro de Casagrande.

*La estructura:* La solución (Figura 5) consiste en construir drenes verticales (agujeros) de arena y compactar el terreno por medios artificiales (con maquinaria).

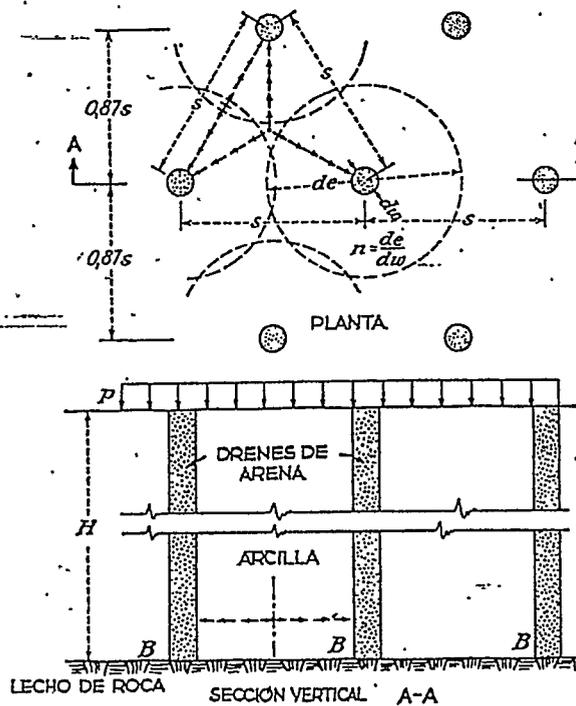


Figura 5

*La relación estructura-funcionamiento:* Los drenes funcionan como los filtros porosos del edómetro, la compactación por medio de maquinaria cumple la función de aplicar la carga de pre-consolidación, como el yugo del edómetro.

*La forma:* La distancia entre los drenes se establece de acuerdo con el diámetro del agujero ( $d_w$ ), y el diámetro efectivo ( $d_e$ ), esto es el diámetro que es capaz de drenar, el espesor de la capa de arcilla ( $H$ ) y el tiempo que se pretenda emplear en la pre-consolidación. A mayor diámetro de agujeros, menor espesor de la capa de arcilla y menor separación entre drenes, menor resulta el tiempo de consolidación.

*El proceso productivo y el uso:* Los drenes se perforan con barrenos hasta llegar al manto rocoso. Se rellenan de arena gruesa. El agua fluye radialmente hacia los drenes. La precompactación se realiza por medios mecánicos, hasta llegar al asentamiento correspondiente a presión ejercida por las cargas de servicio de la fundación, de acuerdo con los datos obtenidos en el ensayo de consolidación.

*Análisis económico y comparativo:* Existen soluciones alternativas a la pre-consolidación, como la ejecución de fundaciones profundas (pilotes, pozos romanos, etc.) que obligan a llegar con la obra hasta el manto rocoso. En algunas circunstancias, en que la velocidad juega un papel preponderante estas soluciones resultan mas convenientes.

*Análisis relacional:* La pre-consolidación permitió fundar edificios en terrenos que considerados inadecuados y solucionar distintos "problemas" en construcciones existentes y en rellenos hidráulicos en la actividad agropecuaria.

*Reconstrucción del surgimiento y la evolución histórica:* se corresponde con lo desarrollado en este capítulo.

#### CIENCIA APLICADA O CIENCIA APLICABLE?

Mediante los análisis realizados, el epistemológico y el tecnológico, se puede visualizar la diferencia entre los productos de la actividad científica, conocimientos, y de la actividad tecnológica, productos tecnológicos. Al mismo tiempo se pretende ejemplificar como operan los valores epistémicos y tecnológicos desarrollados en el capítulo 3 en uno y otro análisis.

No está de más aclarar que uno y otro análisis comparten la característica de ser reconstrucciones racionales, en el caso del análisis epistemológico, de la construcción de una teoría en base a un problema y un modelo que lo explica, en el caso del análisis tecnológico, del proceso de diseño de un producto tecnológico que responde a un problema práctico utilizando un conocimiento científico producido *ad hoc*.

## VII CONCLUSIONES O...

### ESTO RECIEN COMIENZA

Mas allá de su presentación como requisito para la acreditación de la Maestría en Epistemología y Metodología de la Ciencia, la presente tesis pretende servir de marco para un *Programa de Investigación en Filosofía e Historia de la Tecnología*, a partir de las conclusiones que se presentan, y que intentan responder a las preguntas y objetivos planteados en la introducción se espera que surjan nuevas preguntas que orienten futuros trabajos.

### LAS PREGUNTAS, LAS RESPUESTAS

En la introducción se presentaron una serie de preguntas y objetivos en relación con la actividad tecnología mirada desde distintas ramas de la filosofía y de la historia. En lo que sigue se pretende, a manera de síntesis, presentar las principales tesis sostenidas en cada capítulo en relación con dichas preguntas y objetivos.

#### Ontología y Tecnología

En relación con este aspecto, en el capítulo 1 se sostuvo que la forma de ser de los productos tecnológicos es ser productos particulares que responden a problemas particulares de una manera funcional.

Se sostuvo además, que el tipo de entidades al que puede aplicarse el nombre de productos tecnológicos son bienes, procesos o servicios, en la medida que y solo en la medida que brinden una respuesta funcional a la resolución de un problema práctico.

#### Metodología de la Tecnología

En el capítulo 4 se caracterizó el método de la Tecnología como el diseño tecnológico, que mediante el uso racional, organizado y

creativo de los recursos y la información pretende dar respuesta a los problemas vinculados a la producción distribución y uso de los productos tecnológicos.

Se sostuvo además que si este diseño guarda alguna relación con el método científico solo es que en ambos casos se realiza una resolución de problemas.

Con relación al papel de los modelos en Tecnología se planteó que, en la medida que los objetivos de ciencia y tecnología difieren, el alcance de estos modelos es la característica distintiva. Los modelos científicos pretenden recortar ciertas características consideradas como relevantes en relación con la teoría que les da origen, en tecnología pretenden describir todas las características del producto diseñado a fin de permitir su concreción.

#### Gnosceología y Tecnología

En lo referido al tipo de conocimientos entran en juego en el diseño de productos tecnológicos se sostuvo a lo largo de toda la tesis que estos conocimientos no son necesariamente científicos, ya que no son seleccionados por su capacidad descriptiva, explicativa o predictiva sino por su funcionalidad y su eficacia en relación con el producto tecnológico a diseñar.

En el mismo sentido se sostuvo que no existe un conocimiento tecnológico, sino conocimiento utilizado en el diseño tecnológico. Y, en acuerdo con Jorge Sábato, se caracterizó a la incorporación de conocimiento en el diseño como *innovación tecnológica*.

Se sostuvo además que los productos tecnológicos no son el objetivo sino un medio para la actividad científica, como el instrumental para la recolección de datos y las computadoras usadas --en su --procesamiento. Y que la Ciencia brinda a la

Tecnología nuevos conocimientos que pueden ser utilizados en el diseño de nuevos productos (capítulos 4,5 y 6), pero en este caso el conocimiento es un medio o recurso pero no el objetivos.

#### Etica y Tecnología

Con respecto a los valores que orientan las decisiones en la actividad científica o tecnológica, en el capítulo 3, se presentaron una lista de valores diferenciales para cada actividad.

Se discutió además la imposibilidad de caracterizar los productos de la ciencia como buenos o malos. Pero se sostuvo que dicha adjetivación si puede aplicarse a los productos tecnológicos en la medida que su uso siempre se da asociado a una función y a un contexto.

#### La Historia de la Tecnología y la Tecnología en la Historia

Con respecto a relaciones guardó la tecnología con la Ciencia en el surgimiento de la llamada *Ciencia Moderna*, en el capítulo 2, se mostró que la tecnología pre-existe a la ciencia y que es posible la existencia de tecnología sin ciencia pero no es posible la existencia de ciencia sin tecnología, en el sentido que se da actualmente a ambas actividades.

Se sostuvo además que, en el ejemplo de la bomba aspirante, el cambio en la solución a un determinado problema científico no produjo cambios en el producto tecnológico asociado al mismo problema.

Se discutió la influencia de la tecnología, o mas precisamente, la invasividad y el impacto de la bomba aspirante en los distintos ámbitos (incluyendo la ciencia) en ese momento histórico.

En el capítulo 6 se resalta la importancia de la ciencia aplicada en lo que respecta a la provisión de conocimientos fundados para el diseño e innovación de productos tecnológicos.

#### UNA DEFINICION DE TECNOLOGIA

De modo intencional se omitió durante toda la tesis una definición de tecnología, si bien se admite que una clara definición funciona como un "cerco" que permite fijar los límites de un problema, se prefirió en este caso fijar los límites una vez analizado el problema y construir la definición en base a dicho análisis.

#### Algunas definiciones de Tecnología

En algunos casos se define la tecnología como un cuerpo de conocimientos:

*— "Un cuerpo de conocimientos es una tecnología si y solamente si:*

*(i) es compatible con la ciencia coetánea y controlable por el método científico, y*

*(ii) se lo emplea para controlar, transformar o crear cosas o procesos, naturales o sociales." (Bunge, Mario, 1983)*

Pero nótese que según esta definición la tecnología son conocimientos y por lo tanto se le aplica un primer criterio (i) que se corresponde con lo definido como valores epistémicos en el capítulo 4, por otro el segundo criterio (ii) se basa en la aplicabilidad por lo que no habría diferencia entre tecnología y ciencia aplicada.

Por su parte Quintanilla (1991, p:33) asimila la tecnología a la técnica, esto es, en sus propias palabras, "a un sistema de acciones" y propone diferenciarla de la tecnología en base al

siguiente criterio:

"distinguiremos dos grandes clases de técnicas: las técnicas artesanales o preindustriales y las técnicas industriales de base científica. Para estas últimas reservamos el término tecnología"

Pero esta definición presupone, tal como lo afirma el mismo autor, que sólo puede hablarse de tecnología a partir de la revolución industrial de los siglos XVII y XIX (p:16), pero como fuera tratado en el capítulo 2 la tecnología precede a la revolución industrial y, además aparece una confusión en relación con que:

- a. las técnicas industriales sean de base científica;
- b. las técnicas artesanales no tengan base científica;

A fin de aclarar mejor el panorama veamos el siguiente cuadro (II) donde se cruzan las variables científicidad e industrialización:

CUADRO III

TECNICA	ARTESANAL	INDUSTRIAL
PRECIENTÍFICA	A	B
CIENTÍFICA	C	D

De acuerdo con lo que expresa Quintanilla la palabra técnica se aplicaría al cuadrante A y la tecnología al cuadrante B, pero, tal como se señaló en el capítulo 2 la bomba aspirante descrita por Agricola en *de Re Metalica* era industrial, ya que se aplicaba en la minería y pre-científica, por lo que su ubicación sería el cuadrante B, es entonces ¿técnica o tecnología? de acuerdo con el criterio de Quintanilla resulta indiscernible. Por otra parte cuando un científico diseña y lleva adelante una técnica

experimental para contrastar una hipótesis esta técnica es científica y artesanal por lo que su ubicación sería el cuadrante C y nuevamente resulta indiscernible si es una técnica o una tecnología.

#### Una definición en base a la demarcación

A los fines de construir una definición de tecnología que contemple los distintos aspectos considerados en los capítulos precedentes se tendrán en cuenta los siguientes aspectos:

En primer lugar, se aplica el término tecnología a una actividad social de producción caracterizada por cierto tipo de problemas, de procedimientos y de productos pero no se aplica a los productos de esa actividad.

En segundo lugar, que el procedimiento distintivo de la actividad tecnológica es el diseño, que precede al producto y que permite la separación de las fases de diseño o concepción y de concreción o construcción del producto.

En tercer lugar, los productos de esa actividad son la respuesta funcional a problemas prácticos concretos que surgen de necesidades o demandas. Al respecto Aquiles Gay (1995 b, p:44) señala:

*"la tecnología es, por medio de los objetos o los productos tecnológicos, el factor de mediación entre las necesidades y los recursos disponibles."*

Por último, que esos productos son bienes, procesos o servicios, y que la actividad tecnológica abarca su concepción, producción y uso.

La definición de tecnología propuesta de acuerdo con estas consideraciones es:

La Tecnología es una *actividad social* centrada en la *resolución de problemas prácticos* que, mediante un adecuado diseño se propone el uso eficiente de los *recursos materiales* y la *información* propios de un grupo humano, en una cierta época, brindando *respuesta a necesidades y/o demandas* en lo que respecta a la producción, distribución y uso de bienes, procesos y servicios.

Esta definición pretende abarcar:

- el carácter social en lo referente a la actividad tecnológica;
- el tipo de problemas que la actividad pretende resolver;
- el diseño como característica distintiva;
- las necesidades sociales y las demandas como origen de la actividad; y
- el tipo de productos distintivos que resultan de esa actividad, considerando tanto las tecnologías llamadas "duras" cuyos productos son bienes materiales<sup>1</sup>, como las "blandas"<sup>2</sup>, cuyos productos son inmateriales.

#### EL PROBLEMA RECIEN COMIENZA

A partir de esta demarcación entre ciencia y tecnología no se espera terminar con el problema de la relación entre ciencia y tecnología sino comenzar su elucidación:

---

<sup>1</sup> la mecánica, la electrónica, la química, la biotecnología, etc.

<sup>2</sup> el desarrollo del software y los algoritmos polinómicos (véase Moller, E., 1976), las tecnologías gestionales, cuyo objetivo es optimizar el funcionamiento de las organizaciones e instituciones, etc.

En las *reconstrucciones racionales de la historia de la Ciencia* puede rescatarse el papel de la tecnología en los distintos descubrimientos científicos.

A partir de reconocer una independencia relativa de la actividad tecnológica se permitirá una nueva lectura de las relaciones entre ciencia, tecnología y sociedad, que quizás deberían ser planteadas con mas precisión como *relaciones entre ciencia y tecnología* y *relaciones entre tecnología y sociedad*.

Se espera además que aunque la Ciencia y la Tecnología sigan apareciendo juntas, agrupadas bajo la sigla *CyT*, no sigan apareciendo revueltas, esto es, se hable de tecnología cuando es tecnología y de ciencia cuando es ciencia, y que en los organismos académicos y de gobierno se evalúen las producciones de una y otra actividad con los criterios propios de cada una de ellas.

Es por eso que, tal como se sostuvo en la introducción, un programa de investigación en Filosofía e Historia de la Tecnología se torna deseable y necesario, y esta Tesis solo pretende brindar el puntapié inicial: un claro criterio de demarcación entre Ciencia y Tecnología es condición necesaria para elucidar las relaciones existentes entre ambas actividades.

Sergio Anchorena  
invierno de 1997

## BIBLIOGRAFÍA

- Argumedo, Alcira, 1987, Un horizonte sin certezas. América Latina ante la revolución científico-técnica, Puntosur, Buenos Aires.
- Arocena, R, 1993, Ciencia, tecnología y sociedad. Cambio tecnológico y desarrollo, Centro Editor de América Latina, Buenos Aires.
- Basalla, George, 1991, La evolución de la tecnología, Crítica, Barcelona.
- Berger P. y T. Luckman, 1969, La Construcción Social de la Realidad, Amorrortu, Buenos Aires.
- Blanché, R., 1972, El método experimental y la filosofía de la física, Fondo de Cultura Económica, México.
- Boido, G. y Otros, 1988, Pensamiento Científico, Prociencia-CONICET, Buenos Aires.
- Buch, Tomás, 1996, "La tecnología, la educación y todo lo demás", en Revista Propuesta Educativa #15 , FLACSO, Buenos Aires.
- Bunge Mario, 1968, La Ciencia: su método y su Filosofía, Edic. Siglo Veinte, Buenos Aires.
- Bunge, Mario, 1980, La investigación científica, Ariel, Barcelona.
- Bunge, Mario, 1981, Teoría y Realidad, Ariel, Barcelona.
- Bunge, Mario, 1983, Epistemología, Ariel, Barcelona.
- de la Torre, Alberto, 1988, "No separabilidad en los sistemas físicos", mimeo, U.N.M.D.P.
- Derry, T.K. y Williams, T.I., 1980-1987, Historia de la Tecnología, tomos 1 a 5, Siglo XXI, Madrid.
- Drijalov, N. I., 1976, La revolución científico técnica y la sociedad, Paidós, Buenos Aires.
- Ducasse, Pierre, 1973, Historia de las técnicas, EUDEBA, Buenos Aires.
- Ellul, Jacques, 1983 , "The Technological Order", en C. Mitcham y R. Mackey eds., Philosophy and Technology, Readings in the Philosophical Problems of Technology, The Free Press, New York-London, pp 86-108.
- Feibleman, James, 1983, "Pure Science, Applied Science, and Technology: An Attempt at Definitions", en Mitcham, C. y R. Mackey Eds., Philosophy in the Philosophical Problems of Technology, The Free Press, New York-London, pp 33-41.
- Gay, Aquiles, 1994 a, La tecnología, el Ingeniero y la cultura, Edit. Tec, Córdoba.

Gay, Aquiles, 1994 b, El diseño industrial en la historia, Ediciones Tec, Córdoba.

Gay, Aquiles y BULLA, Roberto, 1994, La lectura del objeto, Ediciones Tec, Córdoba.

Gilbert, J.K., 1995, "Educación Tecnológica. Una nueva asignatura en todo el mundo", en Revista Enseñanza de las Ciencias #8, Barcelona.

Gómez, Ricardo, 1990, "Las filosofías de la tecnología y las políticas tecnológicas en América Latina", en C. Mitchan y otros, 1990, El nuevo mundo de la filosofía de la Tecnología, University Prak, Pa: STS Press.

Hempel, Carl, 1979, Filosofía de la Ciencia Natural, Alianza, Madrid.

Jaffe, Bernard, 1976, La Química crea un nuevo mundo, EUDEBA, Buenos Aires.

Kleimer, Bernardo, 1973, Revolución Científico-Técnica y Liberación, Edit. Centro de Estudios, Buenos Aires.

Klimovsky, Gregorio, 1994, Las desventuras del conocimiento científico, A-Z Editora, Buenos Aires.

Kuhn, Tomas, 1977, The Essential Tension, University of Chicago Press, Chicago-London.

Kuhn, Tomás, 1985, La Revolución Copernicana (tomos I y II), Ediciones Orbis, Madrid.

Kuhn, Tomas, 1991, La Estructura de las Revoluciones Científicas, (4ta. edic.) Fondo de Cultura Económica, Buenos Aires.

Mumford, Lewis, 1979, Técnica y civilización, Alianza, Madrid.

Popper, Karl, 1971, La lógica de la investigación científica, Tecnos, Madrid.

Popper, Karl, 1972, Tres concepciones de conocimiento humano, en Cuadernos de Epistemología # 48, U.B.A., Buenos Aires.

Quintanilla, Miguel, 1991, Tecnología: Un enfoque filosófico, EUDEBA-FUNDESCO, Buenos Aires.

Rodríguez de Fraga, Abel, 1996, "La incorporación de un área tecnológica a la educación general", en Revista Propuesta Educativa #15, FLACSO, Buenos Aires.

Sábato, J. y N. Botana, 1975, La ciencia y la tecnología en el desarrollo futuro de América latina en Sábato, Jorge, El pensamiento latinoamericano en la problemática ciencia-tecnología-desarrollo dependencia, Editorial Paidós, Buenos Aires.

Simon, Herbert, 1994, La ciencias de lo artificial, ATE, Madrid.

Terzaghi, Karl y Ralf Peck, 1973, Mecánica de suelos en la Ingeniería-Práctica, El Ateneo, Buenos Aires.

Tschebotarioff, Gregory, 1972, Mecánica del Suelo, Editorial Aguilar, Madrid.

UNESCO, 1982, Repercusiones sociales de la revolución científico-tecnológica, Tecnos, Madrid.

Volti, Rudi, 1995, Society and Technological Change, St. Martin Pres, New York.

Wartofsky, Marx, 1978, Introducción a la Filosofía de la Ciencia, Alianza Universidad, Madrid.