



# CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN

Nociones básicas y aportes  
para la formación en  
carreras de ingenierías

**Tomo 1**

Milena Ramallo  
Élida Repetto  
(COMPILADORAS)





**CIENCIA, TECNOLOGÍA E  
INNOVACIÓN**

**Nociones básicas y aportes para la  
formación en carreras de ingenierías**

**Tomo 1**

Milena Ramallo  
Élida C. Repetto  
Gustavo C. Bitocchi  
Hugo A. Izaguirre  
Federico Vasen

DD 620.007 Ciencia Tecnología e Innovación: nociones básicas y aportes para la formación en Carreras de ingeniería / Milena Ramallo... [Et al.]. - 1a ed. - Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Centro de Estudiantes de Ingeniería Tecnológica - CEIT, 2023.

Libro digital, PDF - (Ciencia Tecnología e Innovación. Nociones básicas y aportes para la formación en carreras de ingeniería / Ramallo Milena; 1)  
Archivo Digital: descarga y online

ISBN 978-987-1978-63-2

1. Ciencias Tecnológicas. 2. Desarrollo Tecnológico. 3. Tecnologías. I. Ramallo, Milena.

Fecha de catalogación: 23/11/2023

La reproducción parcial o total de este libro, en cualquier forma que sea, por cualquier medio, sea este electrónico, químico, mecánico, óptico, de grabación o fotocopia no autorizada por los editores, viola los derechos reservados. Cualquier utilización debe ser previamente solicitada. Hecho el depósito que marca ley nro. 11.723 (de propiedad intelectual) ©Editorial CEIT – Centro de Estudiante de Ingeniería tecnológica – Medrano 951 – Ciudad Autónoma de Buenos Aires.

TEL: (011) 4867-7608

Mail: [editorialceit@gmail.com](mailto:editorialceit@gmail.com)

Website: [www.ceit.frba.utn.edu.ar/servicios/editorial](http://www.ceit.frba.utn.edu.ar/servicios/editorial)



# Índice

Presentación general del libro, <i>Milena Ramallo</i> .....	8
---	---

<b>Capítulo 1. Ciencia. Noción, origen, paradigmas y encuadre social, <i>Gustavo Bitocchi</i></b> .....	15
Planteo inicial.....	16
1. Introducción.....	17
2. El conocimiento y la ciencia.....	18
2.1. El conocimiento científico.....	20
2.2. Las características de la ciencia moderna .....	23
2.3. La división o clasificación de la ciencia en formales y fácticas .....	27
2.4. La auxiliariadad de las ciencias formales .....	35
2.5. El método científico .....	36
3. El surgimiento de la ciencia moderna .....	42
3.1. La división de la Historia .....	43
3.2. La Revolución Científica .....	48
3.3. El Geocentrismo y el Heliocentrismo .....	51
3.4. La nueva ciencia y el diálogo experimental .....	57
4. La comunidad científica .....	60
5. La estructura social de la ciencia .....	65
5.1. La ciencia colectivizada .....	67
6. Conclusión.....	69
7. Referencias bibliográficas .....	70

<b>Capítulo 2. Ciencia y Tecnología en interacción. Cambio tecnológico e Innovación, Milena Ramallo, Élide Repetto.....</b>	<b>73</b>
1. Introducción .....	75
2. Ciencia y Tecnología: tensiones e interacciones.....	75
3. Técnica y Tecnología.....	81
3.1. Aproximación a la noción de Técnica.....	82
3.2. Profundizando el concepto de Tecnología.....	84
3.3. Clasificación de Tecnología.....	88
3.4. El método tecnológico.....	91
4. Cambio tecnológico.....	93
4.1. Investigación y Desarrollo (I+D).....	100
4.2. Invención e Innovación Tecnológica.....	106
4.3. Tipos de innovaciones.....	109
5. La competitividad en el paradigma tecno-económico actual.....	114
6. Consideraciones finales.....	120
7. Referencias bibliográficas .....	122

<b>Capítulo 3. Políticas de Ciencia, Tecnología e Innovación. Breve panorama mundial y conexiones con el desarrollo industrial en Argentina, Hugo Alejandro Izaquirre, Federico Vassen.....</b>	<b>129</b>
1. Introducción .....	130
2. Ciencia para la política: conocimiento experto para la toma de decisiones .....	130
3. Política para la ciencia: el apoyo estatal al desarrollo de capacidades científicas .....	134
4. Políticas de ciencia y tecnología en Argentina .....	139
4.1. Antecedentes a la formación del complejo institucional (1880-1930).....	139
4.2. Primeras formas de organización e institucionalización	

vinculadas a la ciencia y la tecnología (1930-1950).....	142
4.3. La conformación del sistema institucional de ciencia y tecnología (1950-1966) .....	145
4.4. Interrupciones, contramarchas y proyectos inconclusos (1966-1983) .....	147
4.5. Ciencia y tecnología desde la recuperación democrática (1983-2015) .....	150
5. Vinculación universidad, empresa e industria .....	154
6. A modo de cierre .....	162
7. Referencias bibliográficas .....	163





## PRESENTACIÓN GENERAL DEL LIBRO

Este texto presenta los ejes temáticos de la asignatura “Ingeniería y Sociedad”, la cual se sitúa en los planes de estudios de las carreras de ingeniería de la Universidad Tecnológica Nacional. Esta publicación se encuentra dirigida principalmente a los y las estudiantes e introduce contenidos que pueden ser de interés a docentes y profesionales vinculados a las áreas de ciencia y tecnología.

Ingeniería y Sociedad (*IS*) es una asignatura interdisciplinaria del área de las Ciencias Sociales y Humanas que busca contribuir a la formación integral de los ingenieros y las ingenieras del futuro. La asignatura se define en torno al problema de la relación Ciencia-Tecnología-Sociedad y tiene por finalidad el desarrollo de competencias sociales, políticas, actitudinales y tecnológicas durante la formación universitaria. La línea de trabajo adoptada para la contribución de tales competencias es acorde al perfil de egresado tecnológico: *formar profesionales innovadores y críticos, capaces de mejorar*

*su entorno y la calidad de vida de quienes lo integran, con actitud ética y responsabilidad social, atentos a la búsqueda de soluciones sistémicas que integren aspectos políticos, económicos, sociales, ambientales y culturales desde una perspectiva global.*

Hablar del eje articulador de los contenidos de **IS** nos lleva a concebir que el/la ingeniero/a del futuro, hoy estudiante, comprenda el modelo de desarrollo sostenible en que está inserta la ingeniería. Este modelo se relaciona con la nueva manera de vincular los conceptos ciencia-tecnología-ingeniería-industria en un mundo cada vez más dinámico y complejo. Es claro el rol preponderante de la ingeniería para el logro del bienestar de la sociedad y de su calidad de vida. Sin embargo, la adopción de una perspectiva sociotécnica de las producciones tecnológicas inquieta y obliga a repensar el tejido del entramado social en el que vivimos, el reconocimiento de sus problemáticas y la construcción de las soluciones.

Nos proponemos que nuestros/as estudiantes manejen categorías de análisis para interpretar **el valor social de la ingeniería** en un contexto con condicionamientos

sociales y culturales en permanente cambio. Entendemos que esto, por un lado, contribuye a situarlos en el lugar de futuros profesionales a favor de la comprensión de la realidad y del impacto social y además propone una perspectiva crítica para conceptualizar, analizar y sintetizar dicha realidad. Por otro lado, el abordaje social supone un particular posicionamiento frente a la ingeniería que nos permite avizorar las estrategias más adecuadas para la movilización de su vocación creativa, el trabajo en equipo y la toma de decisiones.

## **ACERCA DE LOS CAPÍTULOS**

Este primer libro se compone de tres capítulos que presentan diferentes lecturas y recortes sobre la Ciencia, la Tecnología y las Políticas de desarrollo científico-tecnológicas desde una perspectiva de los estudios sociales de la Ciencia, Tecnología y Sociedad (CTS).

Los capítulos que se incluyen fueron escritos por docentes de la asignatura *IS* y representan la continuidad del trabajo que se viene efectuando en la Facultad

Regional Buenos Aires desde el año 2017 a través de la implementación de diversos proyectos en la UDB Cultura e Idiomas (Departamento de Materias Básicas): Creación del Aula Virtual Interactiva de *IS*, Proyecto Interdisciplinario entre Ingeniería y Sociedad e Inglés, Capacitación específica sobre Perspectiva de Género para docentes de *IS*, Creación del Laboratorio Multimedia, entre otros.

El capítulo 1 de **Gustavo C. Bitocchi** está dedicado a brindar una aproximación a la noción de la ciencia, sus características, la clasificación en ciencias formales y fácticas y las particularidades del método científico. En este tema, es importante la comprensión sobre el origen histórico de la ciencia moderna y las distinciones respecto de la concepción antigua. Finalmente sintetiza el encuadre de la ciencia resignificando su dimensión social mediante los aportes provenientes de la filosofía de la ciencia.

El capítulo 2 de **Milena Ramallo** y **Élida C. Repetto** ofrece una descripción y análisis de las nociones de técnica y tecnología, sus vinculaciones con la ciencia y las

principales distinciones que se construyen en torno a estos campos de conocimiento. Se incursiona en la identificación de las condiciones de producción del cambio tecnológico, en los factores que definen a la invención y la innovación tecnológica y se ensaya una primera lectura actual del paradigma tecno-económico y de sus tecnologías digitales.

**Hugo Alejandro Izaguirre** y **Federico Vasen** presentan, en el capítulo 3, el vínculo entre ciencia y política a través de dos visiones: la *ciencia para la política* y la *política para la ciencia*. Para ello, ponen en diálogo la historia y los objetivos de las políticas de ciencia, tecnología e innovación a nivel mundial y la configuración del sistema en nuestro país. En la última sección, profundizan sobre los vínculos del sistema científico con la industria, las dificultades y los desafíos que plantea esta articulación.

Los temas que tratan los capítulos aquí presentados son relevantes para el debate sobre los compromisos sociales de la ingeniería que, a través de sus proyectos, propone soluciones a los problemas que precisa la sociedad. La

producción científico-tecnológica hoy pensada desde el paradigma sostenible es central para las generaciones futuras, aunque somos conscientes de que la responsabilidad por resguardar el equilibrio: entorno-equidad económica-equidad social, demanda políticas facilitadoras y decisiones que la sociedad, el Estado, las universidades y otras organizaciones tienen aún que resolver. Confiamos además que este libro contribuya a formar ingenieros e ingenieras provistos de imaginación, comprometidos, con visión de futuro, capacidad de liderazgo y autocrítica.

MILENA RAMALLO

2023



# CAPÍTULO 1

---

## CIENCIA

### Noción, origen, paradigmas y encuadre social

*Gustavo C. Bitocchi*



## Planteo inicial

Es importante analizar las partes en que se constituye un todo para luego volver a unir sus partes en una síntesis integradora. La ciencia es una parte de un todo conjuntamente con la *tecnología* y la *sociedad*. El estudio de esta trilogía (*Ciencia, Tecnología y Sociedad: CTS*) es fundamental para entender el escenario actual en donde se desarrolla a diario la vida del hombre. En lo que sigue, se ha de tratar a la ciencia, pero teniendo presente su relación e interacción con las otras dos realidades. El propósito de este capítulo es brindar, de un modo acotado y breve, respuestas sobre las siguientes preguntas:

1. Cuáles son las características del conocimiento científico; cómo se clasifican las ciencias; qué es el método científico;
- 2.Cuál es el origen histórico de la ciencia moderna; y
3. Cómo es el encuadre social de la ciencia.

## 1. Introducción

La disciplina que estudia la realidad científica y su método se llama *Epistemología*. Esta disciplina estudia e investiga qué es la ciencia y cuál es su método. También se la conoce como *Filosofía de las Ciencias* o *de la Ciencia*, o como *Método Científico* e inclusive como *Metodología de las Ciencias*. También, a veces, se la llama *Pensamiento Científico*. *Epistemología*, considerada etimológicamente, consta de dos términos griegos: *episteme*<sup>1</sup>, que significa *ciencia*, y *logía*, *razón* o *estudio de*. Es decir, etimológicamente la *Epistemología* significa *estudio* o *tratado sobre la ciencia*.<sup>2</sup>

---

<sup>1</sup> *Episteme*. A su vez este sustantivo deriva del verbo griego *episténai* (ἐπιστῆναι) que significa *detenerse (por el asombro)*. ARISTÓTELES, en su *Física* VII 3, lo usa al decir "...llamamos saber... al reposo y detención del pensamiento". Se asemeja a un "quedarse pensando" ante un hecho asombroso.

<sup>2</sup> Nótese que, a su vez, la palabra *ciencia* proviene del sustantivo latino *scientia*, que significa, *sabiduría*, pues proviene del verbo *scire* que significa *saber*. Más tarde *scientia* perdió su 's' inicial por cuestiones eufónicas, quedando *ciencia*, tal cual hoy se la conoce.

*Pues bien, la Epistemología es una parte de la Filosofía que se ocupa de estudiar y establecer qué es la ciencia y cuál es su método.*

La Epistemología tiene como “objeto” (es decir, qué estudia), dilucidar y esclarecer la ciencia y su método, como ya se dijo, pero además tiene un “sujeto” (quién la estudia). Es conveniente establecer que tanto el varón como la mujer pueden ser objetos o sujetos de la ciencia. Históricamente la ciencia tuvo como sujeto al varón en detrimento de la mujer, que sólo era objeto de estudio y éste en relación al varón. No obstante, esta postura ha sido criticada por una Epistemología feminista que reivindica a la mujer como sujeto de la ciencia en un mismo nivel que el varón. Una de las máximas exponentes de la Epistemología feminista es la filósofa norteamericana *Sandra Harding* (n.1935), entre otras.

## **2. El conocimiento y la ciencia**

Conviene comprender qué es el conocimiento en sí para poder entender qué es la ciencia. Hay muchas maneras

de entenderlo, una es estudiarlo como un fenómeno humano. Así, fenomenológicamente, el conocimiento humano es un proceso que se inicia en la experiencia al percibir las cosas singulares y concretas del mundo y termina en la inteligencia al producir conceptos universales y abstractos. El conocimiento es, pues, la facultad de todo hombre para poder comprender la realidad concreta y poder expresarla conceptualmente. Además, si lo expresado conceptualmente se adecua a la realidad se convierte en un enunciado verdadero.

Lo expresado en ciencia se denomina *enunciado* (enunciado = oración bimembre compuesta de sujeto y predicado) o *proposición*<sup>3</sup>. La Epistemología ha de estudiar, entre otras cosas, dos tipos de enunciados: enunciados naturales y enunciados científicos. Cada uno surge de un modo de conocer la realidad: un modo, propio de todo hombre, que se denomina conocimiento natural; y otro, propio de los hombres dedicados a la

---

<sup>3</sup> Ahora bien, si el *enunciado* forma parte de una argumentación lógica se la denomina *proposición* y a veces, *premisa*. No confundir con *preposición* que se refiere a, por ejemplo: *a, de, desde, en, entre, hacia, hasta, para, por, según, sin, etc.*

investigación científica, que se denomina conocimiento científico o simplemente ciencia. En lo que sigue se tratará específicamente el conocimiento científico, sus características distintivas y su clasificación.

### **2.1. El conocimiento científico**

No se crea que el hombre con sus conocimientos naturales no hace uso de su razón ni de cuenta de lo que hace. Si bien los conocimientos naturales no pretenden explicar qué son las cosas o porqué se dan ciertos fenómenos, sin embargo, hacen lo necesario y suficiente para poder vivir del mejor modo posible. El conocimiento natural, propio de todo sujeto humano, es “natural” porque emana o surge de la propia naturaleza humana en contacto con el mundo en tanto que necesita conocer para tratar con él en su diario acontecer. También le llama conocimiento “precientífico”, en cuanto es anterior y necesario a toda consideración científica. A veces se lo llama “vulgar” en cuanto se refiere a quién lo usa, aunque “vulgo” no es un término

peyorativo en sí, sólo expresa su carácter popular. El conocimiento natural es, entonces, espontáneo, informal, imprescindible, práctico y usa un lenguaje vulgar.

A partir de este conocimiento natural, como base y fundamento, se puede adentrar a considerar el conocimiento científico.

**A. La ciencia (en sentido *amplio* o *en general*)** es un conjunto de conocimientos metódicamente adquiridos y sistemáticamente organizados. Esta definición reúne los requisitos mínimos e indispensables para que un conocimiento sea denominado científico.

**Un conjunto de conocimientos.** En esta postura, el hombre de ciencia se aboca a conocer una parte de la realidad que requiere o demanda una explicación. No obstante, no especifica el modo en que lo hace. Tampoco si llega a un conocimiento cierto o falible.

**Metódicamente adquiridos.** Tiene un *método* o *camino* para llegar a este conocimiento, pero no establece ninguno en particular y no da detalles de cuál o cuáles métodos usa. El método hace alusión a la utilización de

procesos lógicos para adquirir conocimientos, aunque no especifica si demuestra o prueba empíricamente.

**Sistemáticamente organizados.** Adquiridos los conocimientos con métodos lógicos, los organiza según algún orden o criterio que establece. No señala si el orden es provisional o causal.

**B. La ciencia moderna.** Surgida en la Edad Moderna, se tomará la definición del epistemólogo argentino Mario Bunge<sup>4</sup>. Esta noción no es única ni excluyente, pero sí es demostrativa de lo que se entiende por ciencia hoy. Esta noción nos dice que *la ciencia es un conocimiento racional (o lógico), sistemático, exacto, verificable y por consiguiente falible*<sup>5</sup>.

---

<sup>4</sup> Mario Bunge nace en Buenos Aires en 1919. Es Doctor en Ciencias Físico-Matemáticas por la Universidad Nacional de La Plata y se ha especializado en epistemología. Autor de 80 libros y de más de 450 artículos sobre temas de física teórica, matemáticas aplicadas, teoría de sistemas, sociología matemática, epistemología, semántica, ontología, axiología, ética y política. Reside en Montreal, Canadá, desde 1966. En la actualidad (2020) tiene cumplidos los 100 años.

<sup>5</sup> Otra definición posible la ofrece Alicia Gianella (Doctora en Filosofía por la Universidad de Buenos Aires y Profesora y Directora de Proyectos de Investigación de la Universidad Nacional de La

“Mientras los animales inferiores sólo están en el mundo, el hombre trata de entenderlo; y sobre la base de su inteligencia imperfecta pero perfectible del mundo, el hombre intenta enseñorearse de él para hacerlo más confortable. En este proceso, construye un mundo artificial: ese creciente cuerpo de ideas llamado ‘ciencia’, que puede caracterizarse como *conocimiento racional, sistemático, exacto, verificable y por consiguiente falible*. Por medio de la investigación científica, el hombre ha alcanzado una reconstrucción conceptual del mundo que es cada vez más amplia, profunda y exacta. Un mundo le es dado al hombre, su gloria no es soportar o despreciar este mundo, sino enriquecerlo construyendo otros universos.” BUNGE, M., *La ciencia, su método y su filosofía*. Ed. Siglo XX, Buenos Aires, 1982, p.9.

## 2.2. Las características de la ciencia moderna

La ciencia es, pues un “conocimiento racional, sistemático, exacto, verificable y por consiguiente

---

Plata y de la Universidad de Buenos Aires). Para Gianella, la ciencia es un conocimiento racional y saber crítico, es sistemático, es preciso usando un lenguaje técnico, tiene un carácter metódico, formula leyes generales y acepta supuestos. Cfr. GIANELLA, A., *Introducción a la Epistemología y a la Metodología de la ciencia, La Plata, Edulp, 1995, pp. 33/34.*



falible". Se verán detenidamente cada una de estas características establecidas por el epistemólogo Mario Bunge:

**Conocimiento.** *Conocer es describir, explicar e interpretar fenómenos.* Un fenómeno es un hecho singular que se manifiesta concretamente en la realidad. El científico busca explicar ciertos fenómenos o hechos de una parte de la realidad que demandan una explicación. Puede tener una actitud meramente descriptiva, explicitando al fenómeno del mejor modo posible. Pero por otra parte, puede explicarlos: "explicar"<sup>6</sup> significa mostrar que hay entre los pliegues de alguna cosa, sacar a la vista lo que está oculto entre los pliegues. El hombre de ciencia necesita descubrir lo que está entre los pliegues de la realidad o del fenómeno a estudiar.

**Racional.** *Tiene un proceder lógico y racional.* El hombre de ciencia usa la lógica para razonar correctamente y sin

---

<sup>6</sup> La palabra "explicar" viene del latín "explicare", formado de *ex* (sacar) y *plicare* (hacer pliegues). De ahí también estas otras palabras: *Implicar*, poner en el pliegue, *complicar*, hacer muchos pliegues.

errores. Parte de axiomas o hipótesis y desde ellas infiere, ya sea deductivamente, ya sea inductivamente, para obtener conclusiones con precisión lógica. El proceso o el discurso de la ciencia no ha de ser contradictorio.

**Sistemático.** *Tiene una totalidad de diversas teorías provisionalmente ordenadas e interrelacionadas entre sí.* Las diversas teorías que conforman el conocimiento científico han de estar ordenadas, y así, por ejemplo, se las puede ordenar de más relevante a menos relevantes, o de mayor magnitud a menor magnitud, etc. También, estas teorías, han de guardar relaciones coherentes entre sí evitando todo tipo de contradicción. El orden establecido por el investigador no es definitivo, sino que es provisional, es decir, ese orden es así *mientras tanto* no se verifique lo contrario a las teorías que se sostienen, pues, de ocurrir, el investigador ha de re-ordenar las teorías.

**Exacto.** *Tiene un lenguaje claro y preciso.* No se refiere a la lógica ni a la matemática sino al sentido del lenguaje, es decir, semánticamente la ciencia ha de ser clara, sin ambigüedades ni vaguedades en cuanto a la significación de los términos que use. Ha de evitar la ambigüedad, que

un término pueda tener varias definiciones que se contradigan, y la vaguedad, que un término se defina incompleta y/o confusamente. Conviene a la ciencia definir los términos que use para evitar conflictos de interpretación, además, su claridad permite que se comunique con mayor facilidad.

**Verificable.** *Las proposiciones o enunciados científicos deben ser sometidos a pruebas empíricas.* La ciencia ha de verificar sus hipótesis o conjeturas confrontándolas, por medio de instrumentos, con la experiencia concreta. Las pruebas han de ser pues, empíricas, es decir, experienciales.

**Falible.** Sucesivas verificaciones empíricas pueden impugnar lo que se creía ya establecido como verdadero. *Falible* significa que el conocimiento adquirido puede fallar, que puede no ser así como se creía hasta ese momento, que tal o cual teoría queda refutada. En otras palabras, el conocimiento científico no es definitivo sino *contingente*.

A modo de síntesis se puede ver:

LA CIENCIA	CARACTERIZACIÓN
<p style="text-align: center;"><b>LA NOCIÓN AMPLIA</b></p>	<p><i>La ciencia es un conjunto de conocimientos metódicamente adquiridos y sistemáticamente organizados.</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Conjunto de conocimientos</li> <li>▪ Metódicamente adquiridos</li> <li>▪ Sistemáticamente organizados</li> </ul>
<p style="text-align: center;"><b>LA NOCIÓN CONTEMPORÁ-NEA</b></p>	<p><i>La ciencia es el conocimiento racional (o lógico), sistemático, exacto, verificable y por consiguiente falible.</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Conocimiento</li> <li>▪ Racional (o lógico)</li> <li>▪ Sistemático</li> <li>▪ Exacto</li> <li>▪ Verificable</li> <li>▪ Falible (o contingente)</li> </ul>

### **2.3. La división o clasificación de la ciencia en formales y fácticas**

La ciencia puede dividirse siguiendo 4 criterios de clasificación:

*1º Criterio de clasificación: según sea su objeto de estudio*

El primer criterio divisivo es según sea su objeto de estudio. Si el objeto de estudio de las ciencias está fuera

de espacio y tiempo, es decir, son *entes ideales* que se hallan presentes de un modo racional o ideal en la mente del hombre, entonces se denominan *ciencias formales*. Se dividen en dos grandes partes: la Lógica y la Matemática. Los entes ideales o formales en tanto que son a-espaciales y a-temporales están sometidos a la relación de implicación " $\supset$ ". Obtenidos por abstracción desde la realidad, los entes ideales son formas vacías a las que se les pueden aplicar distintos hechos o realidades empíricas.

En cambio, si el objeto de las ciencias está situado en espacio y tiempo y se refiere a hechos o fenómenos concretos, se denominan *ciencias fácticas*. Las ciencias fácticas se refieren a lo estrictamente experiencial y a lo empíricamente verificable, es decir, son *entes reales, hechos o sucesos concretos*. Se dividen en ciencias (fácticas) naturales y ciencias (fácticas) sociales. La palabra *factum* en latín es el pretérito pasado del verbo *facere* que es *hacer*. De aquí que se llamen ciencias *fácticas*, es decir, ciencia de *hechos*.

## *2º Criterio de clasificación: según sea el tipo de método*

El segundo criterio divisivo se refiere al método de investigación utilizado por las ciencias.

Si el método parte de axiomas (que son proposiciones universales y evidentes a la inteligencia y que no necesitan demostración alguna) y si a partir de éstos, de modo deductivo, se construyen teoremas y el resto de las teorizaciones lógicas o matemáticas, entonces el método se denomina axiomático (o axiomático-deductivo) y es utilizado por las ciencias formales.

La deducción es un modo de argumentar que se realiza desde proposiciones universales hacia las particulares. A partir de los axiomas lógicos o matemáticos se siguen, deductivamente, teoremas y proposiciones lógicas o matemáticas. Este método se denomina axiomático-deductivo y corresponde a las ciencias formales.

Ahora bien, si el método parte de hipótesis o conjeturas (que proposiciones universales, no evidentes y que necesitan verificación empírica) y si éstas se confrontan con la realidad y se las verifica empíricamente

permitiendo deducir conclusiones, entonces el método se denomina hipotético-deductivo y corresponde a las ciencias fácticas, tanto de las naturales como de las sociales.

### ***3° Criterio de clasificación: según sea el tipo de proposición***

El enunciado o proposición es una oración, como se dijo, compuesta de sujeto y predicado. El tercer criterio de clasificación es, pues, según sea el modo de atribuir un predicado a un sujeto. Así, se tienen: las *proposiciones analíticas* que pertenecen a las ciencias formales y las *proposiciones sintéticas* que pertenecen a las ciencias fácticas.

Las proposiciones que usan las ciencias formales son analíticas y también son *a priori*. Analíticas porque la información que se atribuye al sujeto no es una información nueva, de algún modo ya está contenida en el sujeto. Es *a priori* porque no se obtiene por el contacto con la realidad empírica ni se confronta con la

experiencia pues evidencia no depende de ella, basta el análisis de los conceptos o términos para entender su verdad y así el conocimiento obtenido es universal y necesario. En última instancia, se reducen a proposiciones idénticas (o tautológicas), pues no dan a conocer algo nuevo: " $2 + 2 = 4$ ". El predicado "4" está implícito en el sujeto " $2 + 2$ ". "4" no agrega información nueva, tal vez, puede aceptarse, una "grafía" nueva pero no un "contenido" nuevo. Son tautologías, es decir, lo que se predica ya está contenido en el sujeto, no hay información nueva. En última instancia las proposiciones analíticas se expresan en un lenguaje simbólico, como el de la Matemática o el de la Lógica.

Las proposiciones que utilizan las ciencias fácticas son sintéticas y *a posteriori*. Sintéticas porque la información que se atribuye al sujeto sí es una información nueva, pues no está contenida en el sujeto. Es *a posteriori* porque requiere el contacto y la confrontación con la realidad empírica, su evidencia depende de la experiencia, de donde el conocimiento obtenido es contingente y provisorio. Por ejemplo: "El sistema solar tiene 7



planetas”, en donde “El sistema solar” es el sujeto y “tiene 7 planetas” es el predicado que se le atribuye. Es cierto que “tener planetas” es una información contenida en el sujeto, pues, al “sistema solar” le es propio tener planetas, pero que sean “7” u “8” es un contenido que se agrega o adiciona, es una *información nueva* que debe ser verificada empíricamente. Así, se amplía y se extiende al conocimiento de algo, generando un conocimiento nuevo y contingente. Son proposiciones contingentes que dan a conocer algo nuevo y su verdad provisional depende de su constatación de la información nueva con los hechos.

#### ***4° Criterio de clasificación: según sea el tipo de demostración utilizada***

Las ciencias formales, lógica y matemática, utilizan el método axiomático-deductivo y demuestran sus verdades *argumentando racionalmente* únicamente por vía lógica y racional, como, por ejemplo, un teorema a partir de axiomas o una proposición lógica a partir de reglas y leyes lógicas. No hay verificación empírica, solo una

demostración meramente lógica o matemática que se da en la mente del sujeto que prueba *argumentativamente*. La demostración es completa y definitiva.

Las ciencias fácticas, tanto las naturales y como las sociales, usan el método hipotético-deductivo y demuestran sus verdades *probando empíricamente*, en otras palabras, verifica por medio de la experiencia pues tiene que haber una contrastación con la experiencia concreta. Aquí, la demostración, por estar sujeta a las pruebas experienciales, es incompleta y provisional.

CRITERIO DE CLASIFICACIÓN	CIENCIAS FORMALES	CIENCIAS FÁCTICAS
OBJETO	Ente ideal	Hecho (= <i>factum</i> )
MÉTODO	Método axiomático-Deductivo	Método hipotético Deductivo
PROPOSICIÓN	Analítica	Sintética
DEMOSTRACIÓN	Argumentación racional	Prueba empírica

Se tiene, pues, que la ciencia en términos generales, se divide en dos grandes partes: las ciencias formales y las ciencias fácticas.

Las ciencias formales se dividen según incluya o no lo cuantitativo en su consideración: si no lo hace se encuentra la Lógica y si lo hace la Matemática. La Lógica es, de algún modo más formal y abstracta, porque prescinde de la atadura cuantitativa. Por otro lado, las ciencias fácticas se dividen en ciencias naturales y ciencias sociales. Las ciencias fácticas naturales no incluyen en su objeto al hombre, al menos de un modo directo, más bien se refieren a cosas naturales. Así, por ejemplo, la Química, la Física, la Geología, la Biología, etc. En cambio, las ciencias fácticas sociales sí incluyen en su consideración al hombre como objeto de modo directo y explícito. Por ejemplo: la Historia, la Geografía, la Economía, la Sociología, etc.

<b>CIENCIA</b> (ACTUAL CLASIFICACIÓN)	CIENCIAS FORMALES	LÓGICA
		MATEMÁTICA
	CIENCIAS FÁCTICAS	CIENCIAS NATURALES
		CIENCIAS SOCIALES

Conviene agregar que ciertas ciencias, por su complejidad, exigen un *status* compartido: Así, por ejemplo, la Geografía, tiene un componente de ciencias naturales (la Geología, por ejemplo) y otro de ciencias

sociales (la Sociología, por ejemplo). Por otra parte, los nuevos problemas a estudiar que propone el mundo contemporáneo exigen *nuevas* soluciones epistemológicas que suponen la interdisciplinariedad. La Bioética sirve como ejemplo ya que por un lado toma elementos de la Biología, ciencia natural, y por la otra toma los de la Ética, ciencia social.

Existe, además, una vieja distinción entre *ciencias exactas* y *humanidades*. Las ciencias exactas comprendían las actuales ciencias formales más las ciencias fácticas naturales. Las humanidades correspondían a las actuales ciencias sociales.

<b>CIENCIA (ANTIGUA CLASIFICACIÓN)</b>	CIENCIAS EXACTAS	CIENCIAS FORMALES
		CIENCIAS FÁCTICAS NATURALES
	HUMANIDADES	CIENCIAS FÁCTICAS SOCIALES

## 2.4. La auxiliariadad de las ciencias formales

Las ciencias formales se comportan de modo auxiliar respecto de todas las ciencias fácticas, ya sean éstas

sociales o naturales. La auxiliariidad consiste en que las formales sustentan de un modo lógico y matemático todo desarrollo o proceder posible en el ámbito científico fáctico. Así, se ve, con mucha claridad, el aporte de las ciencias formales a ciencias como la física, que para su desarrollo y progreso necesita apoyarse en la matemática y en la lógica de un modo riguroso.

El método axiomático es denominado también método axiomático-*deductivo*, de aquí que la adjetivación de *deductivo* en el método hipotético-*deductivo* le viene de esta auxiliariidad, pues de una hipótesis, justificada o falsada, se puede deducir y obtener conclusiones, y para obtenerlas se necesita el rigor lógico y/o matemático de las ciencias formales.

## **2.5. El método científico**

Un método, en apretada y muy breve síntesis, es *un procedimiento o un camino con una serie pasos para alcanzar un objetivo*. Es una palabra que proviene de dos términos

griegos: *metá* + *hodós* = *méthodos*<sup>7</sup>, es decir, 1°) *metá* = *por medio de*, y 2°) *hodós* = *camino*<sup>8</sup>. De ambos términos griegos surge *methodo*. En el castellano se perdió la *hache* y así llega hasta nosotros: *método*, es decir, *un camino a través del cual se alcanza un fin*. Conviene, en lo que sigue, profundizar en el método que usa la ciencia, y en especial al método de las ciencias fácticas, que se lo suele denominar como el modelo de método científico.

El conocimiento científico busca explicar hechos tanto de carácter natural como de carácter social. Los hechos naturales referidos a las *cosas* son estudiados por las ciencias (fácticas) naturales, en cambio, los hechos sociales referidos al *sujeto humano* son referidos a las ciencias (fácticas) sociales. Ambos tipos de hechos suelen ser abordados desde un mismo método. En la actualidad,

---

<sup>7</sup> Aristóteles usa *méthodos* en varios lugares de su extensa obra. “El término latino equivalente (a *méthodus*), y que utiliza invariablemente Tomás de Aquino, es *modus*...[y] será sólo en el siglo XVI cuando *méthodus* aparezca como de uso común bajo el patronazgo de la erudición humanista. Época de sutilezas y donde se perdió el *modus*. *Modus* que originalmente significó *medida o norma* con la que se mide algo”, WHEISHEIPL, J., *La teoría física en la Edad Media*, Buenos Aires, Columbia, 1982, pp. 118/9.

<sup>8</sup> También significa *viaje/ruta/marcha* e inclusive *orden*.

se estudia y utiliza el *método hipotético-deductivo*, considerado como el *modelo de método científico*.

**El método hipotético-deductivo** (o llamado comúnmente *método científico*). Tanto las ciencias naturales o duras como las ciencias sociales o blandas usan, cada una a su modo, el método hipotético-deductivo. En una muy apretada síntesis y en breves líneas, el método científico podría dividirse en 2 grandes contextos: el contexto de descubrimiento y el contexto de justificación. Un *contexto* es la situación en la cual se considera un hecho social o natural, es un entramado de situaciones diversas (políticas, culturales, física, lingüísticas, etc.) que se entretejen<sup>9</sup> en torno al hecho a investigar. Lo que sigue es una estructuración básica del método hipotético-deductivo<sup>10</sup>:

---

<sup>9</sup> *Texto* proviene del verbo latino *texere* que significa *tejer*. Su participio pasado es *textus*, tejido. *Texto* significa exactamente *tejido, trenzado o entramado* y expresa consistencia y coherencia entre las partes. Con el prefijo *con-* da idea de *entretejer*.

<sup>10</sup> Lo que sigue es una explicación muy acotada y muy sintética del método científico que merece todo un tratado aparte. Aquí, por cuestiones pedagógico-didácticas, se lo expone en unas breves líneas.

**A. El contexto de descubrimiento.** Es un contexto *dinámico* ya que se refiere a los factores que influyen en la *producción* de una teoría científica. Los factores que influyen no son sólo científicos sino también psicológicos, culturales, políticos y sobre todo filosóficos. Es el momento donde se evidencia, de modo especial, la creatividad y originalidad del investigador más allá de su racionalidad.

*1.1. El problema.* El método hipotético-deductivo comienza con la formulación de un problema. El científico, movido por el afán de conocimiento, descubre que una parte o sector de la realidad exige algún tipo de explicación y formula una pregunta por hechos que merecen una justificación teórica. El descubrimiento del problema da inicio a la investigación<sup>11</sup> para encontrar las respuestas que se necesitan.

*1.2. La hipótesis.* Fruto de la creatividad e imaginación del científico, la hipótesis es una respuesta o verdad

---

<sup>11</sup> Puede servir la etimología de la palabra *investigación*. Proviene del latín *investigatio* y se descompone en *in* + *vestigatio* = viene de huella/vestigio. Investigar es *ponerse tras las huellas de algo*.



provisoria a la pregunta planteada por el problema. El vocablo *hipótesis* proviene de dos términos griegos: *hypo* (debajo/sub) + *thesis* (posición)= *hypothesis*.

- Una hipótesis es una *suposición o conjetura que, desde un marco teórico específico, intenta resolver de modo provisorio el problema planteado por la pregunta.*
- La hipótesis es una *proposición científica* con dos características principales: por un lado, es una *proposición general (o universal)* y, por el otro es una *proposición sintética*, es decir, que agrega una información nueva que ha de ser verificada empíricamente.

1.3. *El Marco Teórico* (algunos lo llaman también *fondo teórico*). Tanto la pregunta como la respuesta provisorias se formulan *desde* una postura teórica determinada. El científico, al momento de formular la pregunta y de proponer la respuesta, tiene presente los conceptos de una o más teorías de manera explícita o implícita, es decir, está influido por los conocimientos teóricos previos (o *background*) *desde donde* aborda la investigación.

**B. El contexto de justificación.** Es un contexto *estático* que hace referencia a la *validación y evaluación* de la

hipótesis. En este momento predominan los aspectos lógico-rationales y el uso riguroso de pruebas experimentales. Predomina la racionalidad del investigador.

2.1. *Las consecuencias contrastables.* La hipótesis es una proposición *general* y para poder verificarla empíricamente debe extraerse (o deducirse) de ella *proposiciones singulares* o consecuencias que puedan ser contrastables, es decir, que puedan ser verificadas concretamente con los hechos. Como las proposiciones singulares sí se pueden contrastar<sup>12</sup> con la experiencia, esta contrastación permite verificar la legitimidad o no de la hipótesis..

2.2. *La contrastación.* Ahora bien, desde *un contexto de justificación*, puede ocurrir que la hipótesis sea justificada o sea refutada o falsada: a) *Justificación de la hipótesis.* Si al contrastar se verifica la hipótesis entonces ésta queda *justificada*. b) *Falsación o refutación de la hipótesis.* Si al

---

<sup>12</sup> En lugar de *contrastación* puede usarse también *confrontación* o *corroboración*. *Contrastar* consiste en mostrar las diferencias más significativas entre cosas que se comparan.

contrastar no se verifica la hipótesis entonces ésta queda *falsada*<sup>13</sup> o *refutada*.

ESTRUCTURACIÓN SINTÉTICA Y BREVE DEL MÉTODO CIENTÍFICO O MODELO TEÓRICO			
A	CONTEXTO DE DESCUBRIMIENTO	La pregunta: planteo de un problema teórico	
		El científico propone una respuesta provisoria: una hipótesis (proposición general y sintética)	
		El marco teórico: el <i>background</i> del científico	
B	CONTEXTO DE JUSTIFICACIÓN	Proposiciones singulares extraídas de la hipótesis para poder ser verificadas. (Consecuencias observacionales)	
		La contrastación	justificación de la hipótesis
			falsación o refutación de la hipótesis

### 3. El surgimiento de la ciencia moderna

La ciencia nace en la Antigüedad con los griegos y la ciencia tal como hoy es concebida nace en la Modernidad con Galileo Galilei. La primera se la suele denominar como *ciencia antigua* (o *clásica*) y la segunda como *ciencia moderna*. Es útil contextualizar históricamente a ambas

---

<sup>13</sup> Si bien *falseada* es un término correcto en castellano, sin embargo, en cuestiones epistemológicas se usa *falsada*.

ciencias para comprender el proceso que culmina en el surgimiento de la ciencia moderna, proceso que se denomina usualmente como *Revolución Científica*.

### 3.1. La división de la Historia

La historiografía estudiada habitualmente divide la Historia Universal en 4 grandes períodos o Edades<sup>1</sup>. La división se hace desde una mirada moderna y desde un ángulo *euro y cristocéntrico*, es decir, los hitos o fechas que dividen la historia se suceden en Europa y tienen como eje divisor central la venida del Cristo. Así, la Historia suele dividirse en: *Antigua, Media, Moderna y Contemporánea*.

S.VIII a C. APROX-476	476-1453	1453-1789	1789- ACTUALIDAD
EDAD ANTIGUA O ANTIGÜEDAD	EDAD MEDIA O MEDIOEVO	EDAD MODERNA O MODERNIDAD 1610 REVOLUCIÓN CIENTÍFICA	EDAD CONTEMPORÁ- NEA
Se inicia, para algunos, hacia el siglo VIII antes del Cristo y culmina con la	Comienza en 476 y finaliza con la caída del Imperio Romano de Oriente (o Imperio	Comienza en 1453 y finaliza con la toma del fuerte de la Bastilla por parte de los	Comienza en 1789 y llega hasta nuestros días.

caída del Imperio Romano de Occidente en el 476 después de Cristo cuando Roma, en la actual Italia, es tomada por Odoacro, el jefe de las tribus germánicas..	Bizantino) en 1453 cuando la ciudad de Bizancio (o Constantinopla), en la actual Turquía, cae en manos de Mehmet, el jefe de los turcos otomanos.	revolucionarios en 1789, en París, Francia.	
		<b>1453-1945</b>	<b>1945- ACTUALIDAD</b>
		<b>EDAD MODERNA O MODERNIDAD</b>	<b>EDAD POSMODERNA O POSMODERNIDAD</b>

No obstante, muchos filósofos extienden la Edad Moderna hasta 1945, cuando EEUU lanza 2 bombas atómicas a dos poblaciones civiles de Japón, Hiroshima y Nagasaki, en el lapso de tres días, causando más de 130.000 muertos; otros, en cambio, la extienden hasta 1969, con la llegada del hombre a la Luna. Una de estas dos fechas daría inicio a la *Edad o Era Posmoderna o Posmodernidad* que se extendería hasta nuestros días.

En apretada síntesis y, en resumidas cuentas:

1. **Edad Antigua.** La Edad Antigua es un período de gran luz intelectual, en ella germina el amor al saber y al conocimiento en sí al desprenderse en sus conclusiones de toda consideración mitológica y religiosa. Nacen así la filosofía, la ciencia y el arte constituyéndose definitivamente como disciplinas independientes que conducen al hombre individualmente a su plenitud y socialmente al progreso. Nace la *ciencia*, o llamada *ciencia antigua* (o *clásica*) por los hombres modernos. En la ciencia antigua se privilegia un conocimiento especulativo que busca causas que permitan demostrar argumentativamente las conclusiones a las que arriba. El tipo de argumentación que prevalece es la inductiva, la que parte de la observación de numerosos casos singulares para arribar a conclusiones generales y desde ellas inferir deductivamente.

2. **Edad Media.** A la Edad Antigua sigue la Edad Media, pero aquí la mirada de la Modernidad entiende que el saber en sí muere: la filosofía, la ciencia y el arte en contacto con la perspectiva cristiana pierden su legítimo valor inicial por el influjo de la fe y la teología. Y si la

ciencia, el arte y el saber en general, luminosos para los antiguos, ahora por influjo de la fe del creyente cristiano y su teología se tornan oscuros hasta el punto de morir. Sin embargo, en esta Edad Media, se asiste al surgimiento esplendoroso de las grandes universidades europeas (Bolonia, Oxford y París) hacia el siglo XI. En casi 1000 años de historia, el Medioevo se presenta como una Edad con claroscuros y grandes contrastes, es decir, con luces, con sombras y con profundas oscuridades. La ciencia, en esta edad, conserva y hereda el *status* que tenía en la Antigüedad, pero ahora entramada con la fe religiosa, que para la mentalidad moderna resulta oscurantista.

3. **Edad Moderna.** Durante los siglos XV y XVI continúa la noción de *ciencia antigua* y hacia final del siglo XVI y comienzo del siglo XVII hay un *proceso* que desemboca en una nueva concepción de ciencia, es decir, hay una serie de factores que culminan en un *nuevo modo* de entender la ciencia.

4. **Edad Contemporánea.** Luego la Edad Contemporánea hereda el nuevo modo de hacer y entender la ciencia,

concepción que se desarrolla hasta la actualidad, al menos en sus rasgos generales.

EDAD ANTIGUA	EDAD MEDIA	EDAD MODERNA	EDAD CONTEMPORÁNEA
La razón se separa de lo mitológico y religioso. La luz de la razón da lugar al nacimiento de la filosofía, la ciencia y las artes. Disciplinas que desarrollan al hombre individual y socialmente	Según la Modernidad la luz de la razón se oscurece por la fe y, en consecuencia, tanto la filosofía, la ciencia y las artes se oscurecen hasta morir	Renacimiento de la filosofía, las artes y la ciencia debido a su separación de la fe religiosa y, así, cobran nueva vida. Se produce la <i>Revolución científica</i> (1610): Hay un <i>nuevo modo</i> de considerar la ciencia, surge la <i>ciencia moderna</i>	Continúa desarrollándose el nuevo modo de concebir la ciencia. Se constituye una disciplina que trata el tema específicamente: la <i>Epistemología</i>

La cuádruple división de la Historia Universal se establece desde la Modernidad, es decir, desde algún punto de la Modernidad se sostiene que el mundo ha de verse de un *modo nuevo o actual (modernus)* y la edad que la precede, no cronológicamente sino en cuanto a las ideas, es la Antigua, es la que está *antes que* la moderna (*ante + quam, antequam = antigua*). En el medio, hay un *tiempo medio*, el medioevo (*evo = tiempo*). Finalmente, se cierra con la Contemporánea, la que está *con nuestro*



*tiempo* y, a la vez, con la de los modernos que dividieron la Historia, (*cum + tempore*).

El *modo de concebir y de hacer ciencia renace* en la Revolución Científica (1610), que se da en la Edad Moderna, constituyendo *uno nuevo* y superador al anterior: la *ciencia moderna*. El iniciador de este *nuevo modo* será Galileo Galilei.

### **3.2. La Revolución Científica**

La Revolución Científica se da después de los movimientos denominados Humanismo y Renacimiento. Estos movimientos abarcan el período que abarca los siglos XV y XVI (desde 1400 hasta 1600 aproximadamente). El Humanismo es un movimiento en que se retorna a los autores y temas clásicos de la antigüedad en lo referido a filosofía, artes y ciencias en general y en especial la literatura. Esta vuelta a lo antiguo supone pasar por alto la Edad Media, pues en ésta, los valores de la cultura clásica habrían desaparecido y muerto por su cercanía con la fe religiosa, al menos según

la interpretación moderna. El Renacimiento nace y se desarrolla sobre todo en la ciudad italiana de Florencia y una de las características más notable de este movimiento florentino fue el individualismo, así, por ejemplo, la obra escultórica “La piedad” del gran artista Miguel Ángel lleva su firma en el cinto que lleva en el pecho la Virgen María. Firmar las obras constituye un hecho *nuevo*, es propio del hombre moderno: *firmar*. Así, se puede decir que el científico que pone su firma en el nuevo concepto de ciencia es Galileo Galilei, considerado como el “*padre de la astronomía moderna*”, el “*padre de la física moderna*” y, especialmente, “*padre de la ciencia moderna*”.

**Galileo Galilei**  
**(1564-1642)**



Galileo nace y muere en la región de Toscana, actual Italia: nace en Pisa en 1564 y muere enfermo y casi ciego en Arcetri, en 1642, a los 77 años de edad. Sus estudios más importantes y el comienzo de su vida docente

transcurren en el ambiente renacentista de Florencia<sup>14</sup>. En 1609 se traslada Venecia donde construye el telescopio basado en los estudios de un holandés sobre las lentes, y así, fabrica el primer telescopio con un aumento de 30 veces. Y en ese mismo año, 1609, desde el campanario de la Catedral de San Marcos en Venecia dirige el telescopio hacia el horizonte demostrando al Duque (de Venecia) la utilidad del mismo para divisar ejércitos o flotas lejanas que quisiesen invadir o atacar a la República de Venecia. Hacia finales de 1609 dirige el telescopio hacia el cielo estrellado, algo que nadie había hecho hasta ese entonces, pero es en el mes de enero de 1610, más precisamente la noche del 7 de enero cuando Galileo realiza un hallazgo notable: descubre tres de las cuatro lunas del planeta

---

<sup>14</sup> Tal vez la obra más polémica de Galileo sea: *Diálogo sobre los dos máximos sistemas del mundo: Ptolemaico y Copernicano*. Escrito entre 1624-1630 está protagonizado por tres personajes: 1-*Simplicio*: se interpreta que representa burlescamente a Urbano VIII, el papa de aquel entonces. Este personaje defiende el sistema de Ptolomeo y de Aristóteles. Urbano VIII estará presente en el juicio que se siguió contra Galileo por parte de la Inquisición 1632/3 en el que Galileo se retractara del Heliocentrismo; 2-*Sagredo*: representa una visión neutral y sin dogmas; y 3-*Salviati*: representa a Galileo. Defiende el sistema de Copérnico.

Júpiter (Ío, Europa, y Calisto y más tarde descubre un cuarto, Ganimedes)<sup>15</sup>. Además, descubre que la Luna no era una esfera perfecta, al contrario, está conformada por multiplicidad de cráteres.

¿Qué implican estos descubrimientos? ¿Por qué son importantes? Descubre anomalías en el paradigma geocéntrico que posibilitan el acceso a uno *nuevo*, el heliocéntrico, a un nuevo modo de concebir el *universo* que ejemplifica claramente a un *nuevo modo* de concebir la ciencia. Conviene ver en qué consisten estos dos modelos.

### 3.3. El Geocentrismo y el Heliocentrismo

---

<sup>15</sup> Estas observaciones se encuentran en su obra publicada 2 meses después del descubrimiento: *Mensajero sideral (Sidereus Nuncius)*. Publicada en Venecia el 12 de marzo de 1610. Algunos adelantan esta fecha (la del 7 de enero de 1610) y la sitúan el 21 de agosto de 1609 cuando Galileo comienza las observaciones en el campanario de la ciudad de Venecia. En la actualidad, en el campanario, hay una placa que dice: “Con su telescopio desde aquí el 21 agosto 1609 alargaba los horizontes del hombre” (“*Con il suo cannocchiale da qui il 21 di agosto 1609 allargava gli orizzonti dell’uomo*”).

Tanto el geocentrismo como el heliocentrismo son paradigmas. Un paradigma es un modelo propuesto por una comunidad científica y está compuesto por un conjunto o sistema de leyes científicas que, durante cierto tiempo, brindan soluciones a los diversos problemas que plantea la realidad. Las comunidades científicas de la Antigüedad y del Medioevo encontraron la solución al problema del universo (o mundo) en el modelo geocéntrico, en cambio, la Modernidad lo encontró en el modelo heliocéntrico<sup>16</sup>.

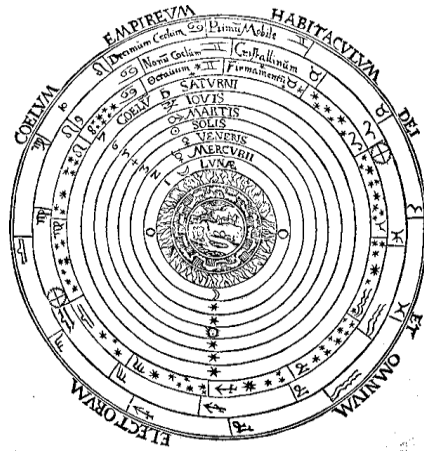
**A. El geocentrismo.** El geocentrismo (del griego *geos* = Tierra) es la teoría astronómica que sostiene que el planeta Tierra (inmóvil) es el centro de un universo (finito) y todos los planetas (esferas perfectas) giran en torno a ella. En el siglo VI a.C. el filósofo Anaximandro

---

<sup>16</sup> *Mundo* no es sinónimo de planeta *Tierra*, aunque frecuentemente se lo entienda de este modo. El término *mundo* proviene del latín *mundus* y éste es la interpretación del término griego *cosmos*. Para los griegos *cosmos* es *un todo bellamente ordenado* y así lo entendió también el latín al interpretarlo como *mundus*. De aquí palabras de uso habitual como *inmundus* significando lo desordenado y feo, o también, *cosmética* como el arte de embellecer el todo del rostro humano. Tanto el Geocentrismo como el Heliocentrismo usan el término *mundo* como equivalente a todo el *universo*.

(c. 610 a.C.-545 a.C) sostiene que la Tierra tiene la forma de un pilar que flota en medio del Todo y los pitagóricos sostienen que la Tierra es esférica y gira alrededor de un fuego invisible como su centro. Estas dos concepciones se funden en una en los posteriores filósofos: la Tierra era una esfera en el centro de todo el universo. Así, para Aristóteles (384 a.C.-322 a.C), la Tierra esférica está en el centro del universo, y todos los cuerpos celestes giran alrededor de ella, pero divididos en círculos concéntricos. Claudio Ptolomeo (c.100 a.C.-c. 170 a.C.) en el S. II a.C. introduce esta teoría en su obra *Almagesto*. Por esta razón a la Teoría Geocéntrica se la suele denominar Teoría Ptolemaica en su honor.

La Edad Antigua entiende a esta teoría como explicación completa de todo lo que es el universo. En cambio, el Medioevo cristiano, si bien adopta esta teoría, agrega tras el último círculo al *Cielo Empíreo* en referencia al lugar de Dios y de todos los hombres elegidos y salvados por Él. Tras el límite establecido por un universo finito se encuentra la divinidad abriendo a los cristianos una perspectiva de trascendencia al universo.



**Teoría Geocéntrica. Dice en latín “COELUM EMPIREUM HABITACULUM DEI ET OMNIUM ELECTORUM” que significa “LUGAR DE DIOS Y DE TODOS LOS ELEGIDOS”.**

**B. El heliocentrismo.** El heliocentrismo (del griego *helios* = Sol) es la teoría astronómica que sustenta que el Sol (inmóvil) es el centro de un universo (finito) y todos los planetas (esferas perfectas) giran en torno a él. En 1543 se publica de manera póstuma *Sobre los giros de los orbes celestes* (*De Revolutionibus Orbium Coelestium*) del sacerdote católico, nacido en Polonia, Nicolás Copérnico (1473-1543). En él sostiene, al modo de una hipótesis matemática, que el Sol es el centro inmóvil de todo el

universo. Con anterioridad, Aristarco de Samos (310 a.C - 230 a.C.), Grecia, propone por primera vez el heliocentrismo. Los originales de su obra se pierden al incendiarse la Biblioteca de Alejandría (c. 47-48 a.C). Se conoce su pensamiento por citas de obras de Arquímedes (c.287 a.C-212 a.C) y de Plutarco (c.46- c.125).

La teoría heliocéntrica mantiene la finitud del universo y en consecuencia la mirada religiosa se mantiene: el Cielo Empíreo sigue existiendo con todo lo que significa para el hombre creyente.



### Teoría Heliocéntrica o “Hypothesis Copernicana”



***Infinitud del Universo:*** el filósofo y religioso napolitano Giordano Bruno (1548-1600) escribe hacia 1584 su obra *Sobre el infinito universo y otros mundos*. En ella sostiene un *universo infinito y sin centro*, aunque todos los planetas girarían alrededor del Sol. Además, propone la existencia de múltiples sistemas planetarios que coexistirían con el nuestro y girarían también alrededor del Sol. La perspectiva de trascendencia de un literal *más allá* se desvanece: no hay ya Cielo Empíreo y, en consecuencia, tampoco no hay ni lugar de Dios ni de los elegidos. El 17 de febrero de 1600 es quemado vivo en Roma tras ser condenado por el tribunal de la Santa Inquisición. En la actualidad hay opiniones divididas respecto a la finitud o infinitud del universo.

### **Comparación final entre las teorías**

A modo de síntesis podemos comparar ambas teorías. Concuerdan en sostener la existencia de un universo (o mundo) finito con un sistema planetario que gira con movimiento circular en torno a un centro. Difieren en el

centro del universo: para el geocentrismo es la tierra y para el heliocentrismo es el Sol. Ambos, por su finitud, permiten al pensamiento cristiano sostener la existencia de un Cielo Empíreo trascendente al universo, aunque Giordano Bruno incomodaría esta visión. Además, las esferas planetarias en el geocentrismo son perfectas y en el heliocentrismo, a partir de las observaciones de Galileo, se las reconocen como imperfectas.

### **3.4. La nueva ciencia y el diálogo experimental**

El *nuevo modo* de concebir la ciencia se la denomina frecuentemente como *el diálogo experimental*<sup>17</sup>. La ciencia nueva o ciencia moderna tiene dos características principales: por un lado, la *matematización de la naturaleza* y, por el otro, la *experimentación continua*, constituyen la ciencia moderna.

---

<sup>17</sup> Cfr. PRIGOGINE, I Y STENGERS, I., *La nueva alianza. La metamorfosis de la ciencia*, Alianza editorial, Madrid, 1990, pp.66-70. *Illya Prigoginé* (1917-2003) es de origen ruso e *Isabelle Stengers* (1949) belga. Ambos son epistemólogos y químicos.

## A. La matematización de la naturaleza

En la Edad Moderna se asiste a un giro en el pensamiento científico. Galileo Galilei propone interpretar el universo en caracteres matemáticos.<sup>18</sup> Si la naturaleza está escrita en caracteres matemáticos entonces hay que saber descifrarla. El término “naturaleza” se refiere a todas las realidades o fenómenos físicos que constituyen el universo entero. Para la nueva ciencia todo fenómeno es *mensurable*, es decir, se lo puede medir y numerar: el *espacio se cuantifica* en la Modernidad y exige el uso de la matemática. La matematización de la naturaleza consiste en cuantificar el fenómeno, es decir, medirlo y pesarlo para después traducirlo o descifrarlo en números. Así, la ciencia moderna *controla* al fenómeno y permite proponer

---

<sup>18</sup> “La filosofía está escrita en ese libro enorme que tenemos continuamente abierto delante de nuestros ojos (hablo del universo), pero que no puede entenderse si no aprendemos primero a comprender la lengua y a conocer los caracteres con que se ha escrito. Está escrito en lengua matemática, y los caracteres son triángulos, círculos y otras figuras geométricas sin los cuales es humanamente imposible entender una palabra; sin ellos se deambula en vano por un laberinto oscuro.” GALILEO GALILEI, *Saggiatore* [El ensayista] #6.

una objetividad que consiste en expresar cuantitativamente la naturaleza en números, por esto, cuánto más exacta es numéricamente la cuantificación, más objetivo es el conocimiento descriptivo que se propone.

## **B. La experimentación continua**

La nueva concepción de ciencia requiere experimentación continua. Conviene recordar que la experimentación supone la experiencia, por esto se la suele llamar *empírica*, es decir, *experiencial*. Hay dos tipos de experimentación: o (1) se parte de *experiencias* que se dan espontáneamente en la realidad y/o (2) se parte de experiencias que se reproducen intencionalmente en un laboratorio, es decir, se parten de *experimentos*. La experimentación, tanto por medio de experiencias como de experimentos, permite realizar la verificación de hipótesis. La experimentación no es una actividad ocasional y única sino permanente y continua. Sucesivas y permanentes experimentaciones corrigen, ajustan o refutan las conclusiones tornándolas

provisorias y contingentes, pero nunca necesarias o definitivas. La cuantificación exige y requiere el necesario uso de instrumentos cada vez más sofisticados que permitan una mejor verificación de las hipótesis: la objetividad depende, en gran parte, de la nobleza y precisión del instrumento de medición.

<b>EL NUEVO MODO DE ENTENDER LA CIENCIA: EL DIÁLOGO EXPERIMENTAL</b> El nuevo científico dialoga con la realidad (= naturaleza) y la descifra con:		
1	El uso de la matemática para mensurar el mundo. Medir, pesar: controlar	La lógica y la matemática como ciencias auxiliares
2	El uso de la experimentación continua por medio de instrumentos	Verificación empírica; falibilidad y contingencia

#### 4. La comunidad científica

Conviene rescatar del físico y epistemólogo estadounidense Thomas Kuhn (1922-1996) dos conceptos fundamentales de la ciencia: la comunidad científica y el paradigma. En el contexto de esta sociedad del conocimiento los científicos e investigadores se desarrollan agrupados en diversidad de comunidades

científicas que generan y producen, precisamente conocimientos tanto en el área de las ciencias sociales como en las de naturales. La comunidad científica está constituida por científicos que interactúan y trabajan en conjunto con miras a una investigación cuyos resultados impacten en la sociedad, pero sobre todo es una comunidad de científicos, al decir del filósofo mexicano Olivé, formadas por *personas de carne y hueso* (Olivé 2013, 29) que comparten un *paradigma*. Un paradigma lo constituyen las diversas realizaciones científicas universalmente reconocidas que, durante cierto tiempo, proporcionan modelos de problemas y soluciones a una comunidad científica. No existe una única comunidad científica sino, por el contrario, hay una diversidad de comunidades y con diferentes intereses y en distintos niveles. La comunidad científica es esencialmente plural: están las comunidades científicas de los físicos, de los químicos, de los sociólogos, de los antropólogos, y así. A su vez, pueden subdividirse en la de los físicos de estado sólido, la de los de materia condensada, o la de los

sociólogos de la educación, la de los del trabajo o las del género.

La comunidad científica de los astrónomos del siglo XVII tenía como paradigma o modelo al geocentrismo, que consistía en un universo finito con la Tierra inmóvil al centro y los demás astros, incluyendo al Sol, girando en torno a ella en sucesivas esferas que se incluían unas en otras como una muñeca rusa o *mamuschka*. Luego de la última esfera, se encontraba el cielo empíreo, “el lugar de dios y de todos los elegidos” según los *mapa mundi* de aquella época. La comunidad científica toda de aquel entonces sostenía, de modo casi unánime, esta teoría. Esta visión del universo no era neutra con respecto a lo social y cultural, por el contrario, afectaba en el modo de sobrellevar la vida a toda persona, sea científico o no. Los efectos sociales y culturales del geocentrismo eran muchos, así como sus implicancias filosóficas y religiosas con sus repercusiones sociales y económicas. El hombre creyente de entonces deseaba llegar, no metafóricamente, sino *literalmente* al cielo que se encontraba tras la última

esfera. El planeta Tierra, centro del universo, era el elegido para la creación y salvación del hombre.

El impacto socio-cultural y científico del heliocentrismo fue tremendo para el hombre de aquella época, fuera científico o no. La crítica al geocentrismo iniciada por Galileo en 1610 abrió las puertas a un *nuevo paradigma*, el *heliocentrismo*, en donde los planetas orbitaban en torno al Sol y por consiguiente la Tierra se movía como un planeta más, contrariando así el mensaje escrito de las sagradas escrituras. Por otra parte, el sacerdote y astrónomo Giordano Bruno (Nápoles 1548-Roma 1600), había sugerido la infinitud del universo suprimiendo así el 'lugar de dios y de los elegidos'. Tanto la sociedad en general como el creyente en particular experimentaron cambios profundos que afectaron su *modus vivendi* (modo de vivir) y conmovieron sus supuestos filosóficos y religiosos e impactaron hondamente en lo socio-cultural. Como se ve, los conocimientos científicos no son ni neutros ni indiferentes para el hombre y la sociedad.

La comunidad científica es una comunidad de científicos con un fuerte compromiso con la sociedad. La ciencia es



un fenómeno social porque, por un lado, sus comunidades científicas tienen en sí una estructuración social y, por otro, estas estructuras se desarrollan dentro de una sociedad generando vínculos de interdependencia. Refiere el filósofo Olivé, a modo de ejemplo de cómo afecta el conocimiento científico en la vida social de todos, que un campesino de la sierra de Oaxaca situada al sur de México, cultiva, sin saberlo, un artefacto biotecnológico: el maíz transgénico. El efecto social del conocimiento científico llega hasta el último rincón del planeta y si ese rincón está entre los más pobres creará una dependencia con las grandes ciudades capitales. El campesino oaxaqueño termina siendo, sin saberlo, dependiente económica y culturalmente de los que poseen el conocimiento científico. Es necesario que los gobernantes, el ciudadano y el campesino oaxaqueño participen en la reflexión sobre los efectos de la ciencia y la tecnología sobre la sociedad. La comunicación con la comunidad científica poseedora del conocimiento es fundamental, el campesino de Oaxaca tiene saber qué está cultivando y qué efectos conlleva para su

comunidad. Los Estados han de invertir en estas comunidades para que produzcan conocimiento científico desde una perspectiva ética, económica y política, pero sobre todo desde una perspectiva de *justicia social*. La justicia social ha de garantizar a todos los ciudadanos el poder satisfacer las necesidades básicas que ellos crean convenientes respetando sus valores y forma de vida.

## **5. La estructura social de la ciencia**

Con relación a la función social de la ciencia se suele hacer una distinción frecuente, pero que en realidad en la actualidad ya no es tan nítida, entre modos de investigación: la *académica* y la *industrial*. El primero se refiere a la *ciencia académica, pura o básica* y el segundo a la *ciencia industrial o aplicada*. En la primera, distintas comunidades científicas, en el ámbito de la universidad o de sociedades científicas, se dirigen a la búsqueda del conocimiento como un valor en sí mismo, persigue un saber teórico como un valor intrínseco. Bajo este respecto

se la denomina *ciencia académica* haciendo referencia sobre todo al ámbito donde se desenvuelven y a que en su comunidad científica prevalecen científicos con responsabilidades educativas. Además, esta búsqueda teórica se suele hacer al margen y sin atender a demandas o problemas sociales, y aquí, bajo este respecto, se la denomina *ciencia pura* en tanto que no *mezcla* con los intereses de la sociedad. Estos conocimientos, finalmente, sirven *de base* o son *básicos* para posteriores consideraciones de la ciencia industrial, y por esto, obviamente, la denominación de *ciencia básica*. Aquí, la comunidad no sólo tiene más prestigio, sino que organiza sus equipos y establece sus propias metas y valores.

En cuanto a la segunda, las comunidades científicas, en el ámbito industrial, buscan también el conocimiento al igual que la ciencia académica, pero aquí el conocimiento no es un valor en sí, sino que su valor radica en la posibilidad de una utilización o aplicación posterior en la realidad concreta y la consiguiente obtención, aunque no únicamente, de beneficios sobre todo económicos. La

ciencia aplicada considera al conocimiento como un valor extrínseco, es decir, no está en sí mismo sino en otra cosa, en este caso su valor reside en su aplicación. Es *ciencia industrial* en cuanto que hace referencia a su ámbito y es *aplicada* en cuanto que se refiere a su aplicabilidad concreta. En este caso, por estar por fuera de ámbitos universitarios, suele tener menos prestigio y por estar por dentro de ámbitos industriales, se le impone su organización interna.

### **5.1. La ciencia colectivizada**

El físico y epistemólogo inglés, John Ziman (1925-2005), entiende que esta visión de contraste entre ciencias puras y ciencias aplicadas es impropia e inadecuada: hoy “*ya no es una distinción válida en el actual sistema colectivizado de investigación y desarrollo*” (Ziman 1986, 158/9). Por esto, propone una visión de algún modo superadora al sostener que la ciencia está atravesando por *una radical transición* encaminada a conseguir y transformarse en una

institución social más fuertemente organizada y gestionada.

La ciencia se encuentra en proceso de colectivización o colectivizada, es decir, la ciencia está en tránsito hacia la unificación de dos fines, el teórico de las ciencias puras y el práctico de las ciencias aplicadas, unidos e interrelacionados sin que un fin pueda prescindir del otro, permitiendo que ambos aspectos evolucionen y progresen conjuntamente. La necesidad de recursos e inversión económica para obtener instrumentos de producción y la necesidad de satisfacer demandas sociales dieron lugar a esta ciencia colectivizada y dejaron atrás a una ciencia aislada que trabaja y producía en soledad y sobre todo superadora de lo meramente académico: es postacadémica. La nueva comunidad científica es autónoma aún dentro de organizaciones (ya sea del gobierno, ya sea de empresas) y debe justificar los recursos económicos que la sustenta mostrando su utilidad para la sociedad. Además, "Las formas de organización de la ciencia y de producción y uso del conocimiento que surgieron en la segunda mitad del

siglo XX... incluyen una *imbricación* de la ciencia y la tecnología nunca vista” (Olivé, 2013, 28). Las tejas que se entrecruzan y se intercalan en un techo se dice que están imbricadas. *Imbricación*, significa, del latín y en sentido amplio, *teja acanalada*: el acanalado que tienen es para desaguar la lluvia de los tejados. Pues bien, tanto la ciencia como la tecnología se entrecruzan en interacción y se imbrican al modo que lo hacen las tejas en un techo conformando un entramado (o sistema) permitiendo que por sus canaletas fluyan las demandas sociales.

## **6. Conclusión**

Hasta aquí se ha tratado de responder cuáles son los rasgos distintivos del conocimiento científico: qué es, cómo se clasifica, cómo es el método hipotético-deductivo y cuál es el origen histórico de la ciencia moderna. En lo que sigue, se mostrará cómo la ciencia se relaciona con la tecnología y el contexto o entorno social, es decir, con la comunidad en la que se desarrolla.

Esta imbricación propone e invita a seguir profundizando la trilogía CTS: Ciencia, Tecnología y Sociedad como un todo integrado e interactuante. Múltiples son las temáticas y problemáticas que de esta totalidad sistémica se desprenden y múltiples son las respuestas que pueden profundizarse.

## **7. Referencias bibliográficas**

Bunge, M. (1982) *La ciencia, su método y su filosofía*. Buenos Aires, Ed. Siglo XX

Gianella, A. (1995) *Introducción a la Epistemología y a la Metodología de la ciencia*. La Plata, Edulp.

Liz, M. (1995) *Conocer y actuar a través de la tecnología*, en Broncano, F. (editor), *Nuevas meditaciones sobre la técnica*. Buenos Aires, Editorial Trotta.

Olivé, L. (2013) *La ciencia y la tecnología en la sociedad del conocimiento. Ética, política y epistemología*. México, Fondo de Cultura Económica.

Quintanilla, M. (1991) *Tecnología: un enfoque filosófico*. Buenos Aires, Eudeba.

Ziman, J. (1996) *Introducción a las ciencias*. Barcelona, Ariel.





## CAPÍTULO 2

---

### CIENCIA Y TECNOLOGÍA EN INTERACCIÓN

**Cambio tecnológico e innovación**

*Milena Ramallo y Élide C. Repetto*

*"La ciencia y la tecnología quizá sean parcialmente responsables de muchos de los problemas más graves que hoy tenemos planteados, pero lo serán en gran parte a causa de la inadecuada comprensión de los mismos por parte del ciudadano medio (...) y del insuficiente esfuerzo que se ha hecho para acomodar nuestra sociedad a las nuevas tecnologías"*  
(Sagan, 1984: 52)

## **1. Introducción**

En este capítulo abordamos el concepto de tecnología, su relación con la técnica y la ciencia desde una perspectiva sistémica. Por un lado, exponemos una breve clasificación de la tecnología y por otro, los pasos del método tecnológico. Posteriormente, planteamos la dinámica del cambio tecnológico y cómo intervienen las nociones de invención e innovación tecnológica en este proceso, focalizando la mirada en la importancia de las actividades de Investigación y Desarrollo (I+D). Por último, nos centramos en la competitividad del actual paradigma tecno-económico y el impacto de las tecnologías digitales en el ámbito industrial.

## **2. Ciencia y Tecnología: tensiones e interacciones**

Actualmente es muy difícil entender a la tecnología sin la intervención de la ciencia. Sin embargo, numerosas invenciones no se originaron en la aplicación deliberada de conocimientos científicos ni fueron realizadas por científicos. Muchas herramientas y procesos

fundamentales en los campos de la mecánica, la química, la astronomía, la metalurgia y la hidráulica fueron desarrollados antes de poder descifrar las leyes que los gobernaban.

En otras épocas, hubo creaciones complejas como las pirámides egipcias, los acueductos romanos y las catedrales medievales, en las que no se utilizaron conocimientos científicos en el sentido moderno de la ciencia. Otros casos significativos son la utilización de algunas drogas y sustancias naturales en la práctica de la medicina (quinina, curare, otras), o los procesos de fabricación precientíficos usados en la fermentación y los colorantes (Feibleman, 1983).

Quizás el ejemplo más clásico es el de la máquina de vapor, protagonista central en la expansión de la Revolución Industrial, que tuvo múltiples aplicaciones prácticas antes que la termodinámica explicara los principios físicos en que se apoyaba. Una vez desarrollada la teoría, pudo utilizarse para el diseño de nuevos productos industriales: el motor de combustión interna para vehículos de carretera, la turbina de vapor

para la generación de fuerza eléctrica, la propulsión de buques y el motor de turbo reacción para aviones militares y civiles.

Como ha señalado Mario Bunge (Bunge, 1985) la Revolución Industrial no se originó ni en Cambridge ni en Oxford, sino que la desarrollaron artesanos, no científicos. Por ello, la industrialización en sus comienzos tuvo un carácter predominantemente técnico.

Inglaterra en la primera parte del siglo XVIII, carecía de ingenieros con una adecuada educación para la ciencia, así como tampoco existía una institución pública, excepto las escuelas de formación básica, para el conocimiento necesario de las artes navales, militares, mecánicas y otras. Muy por el contrario, la educación de los ingenieros en ausencia de toda preparación sistemática era “dejada al azar”. Se podría afirmar que la mayor parte de ellos tenían ingenio mecánico o “mente mecánica”. Esto es un conocimiento práctico experiencial sobre los mecanismos y el funcionamiento de las máquinas, que les permitió una visión sobre lo que ellas podían hacer, y también imaginar nuevos tipos de

dispositivos, como la máquina de hilar de Arkwright para la industria textil.

Muchos de estos ingenieros e inventores tuvieron esa formación. Entre ellos James Watt se destacó por tener una mente flexible y ser un verdadero inventor. Podía observar el problema tanto en su conjunto como en su detalle y de este modo vislumbrar las mejoras y los cambios revolucionarios. Las modificaciones introducidas por Watt en el motor de Newcomen lo transformaron radicalmente al proponer una clara invención: el *condensador separado*. Un domingo de mayo de 1765, mientras caminaba por Glasgow Green, Watt cuenta que la solución al problema se le presentó de forma súbita como un “relámpago de comprensión” (Pacey, 1979).

Recién a partir del segundo ciclo de la industrialización (también llamada Segunda Revolución Industrial), a mediados del siglo XIX, se desarrollaron nuevos conocimientos científicos para aplicarlos a la producción industrial y agrícola, a los servicios, especialmente al transporte y al diseño de nuevos artefactos o productos

de consumo. Posteriormente, con las dos guerras mundiales (1914-1918 y 1939-1945) la interdependencia entre ciencia y tecnología o *tecnociencia*<sup>19</sup> se fue acentuando cada vez más. Esto puede verse claramente en algunos proyectos: el *Radiation Laboratory* de Berkeley, el *Radiation Laboratory* del M.I.T., el proyecto ENIAC de la *Moore School* de *Pennsylvania* y, en particular, el Proyecto Manhattan (Los Alamos). Lo interesante en estos ejemplos es señalar que las industrias de fuerza nuclear y de la computación, más allá del interés político y militar para desarrollarlas, nacieron sólo cuando se contó con los conocimientos científicos disponibles para ello.

---

<sup>19</sup> Javier Echeverría plantea que la consolidación de la sociedad de la información tiene sus orígenes en el último cuarto del siglo XX, donde aparece lo que él denomina “tecnociencias”. La tecnociencia es una nueva modalidad de poder, que se plasma en la organización de los sistemas de ciencia y tecnología en los diversos países y que surge gracias a la aparición de los sistemas programables y de la informática y es una fase superior de lo que él considera la *Big Science*, surgida al calor de la finalización de la Segunda Guerra Mundial y su principal objetivo es la innovación productiva, para lo cual requiere cuantiosas sumas de dinero en inversión inicial, que generalmente son aportadas por agentes privados. De allí que lo fundamental de la tecnociencia es la relación total que hay entre ciencia, tecnología y empresa donde la producción de conocimiento científico y tecnológico se convierte en un nuevo sector económico.



Así como la tecnología emplea conocimientos científicos, al mismo tiempo su desarrollo dio lugar a nuevas áreas/campos de la ciencia y nuevas teorías. Ejemplos de esto son la teoría de la información, cibernética, programación lineal, investigación operativa, biotecnología, neurofisiología, nanotecnología, etc. También, otras disciplinas científicas como la astronomía o la biología moderna se afirmaron gracias a la invención del telescopio *Hubble*<sup>20</sup> y el microscopio.

En síntesis, cada vez es más frecuente que la innovación tecnológica sea el motor de la investigación científica tanto de carácter aplicado, para aportar conocimientos que ayuden a resolver problemas tecnológicos, como de carácter básico, para aportar un fondo de conocimientos sobre el que puedan desarrollarse nuevas iniciativas de innovación técnica (Quintanilla, 2017).

---

<sup>20</sup> Éste fue puesto en órbita en la década de 1990 y permitió observar el espacio sin que mediara la atmósfera. En este caso la ciencia permitió, con los recursos tecnológicos de la época, construir el *Hubble* y a su vez este avance tecnológico permitió nuevos descubrimientos científicos: nuevos sistemas solares, información sobre el universo, confirmación de la existencia de los llamados “agujeros negros”.

### 3. Técnica y Tecnología

A continuación, profundizaremos los conceptos de técnica y tecnología identificando sus características principales, señalando sus semejanzas y diferencias. Luego, presentaremos una clasificación de tecnología y el método tecnológico.

La semejanza de los términos *técnica* y *tecnología* lleva a que se usen frecuentemente como sinónimos. Ambos comparten la raíz del vocablo griego *techné*, traducido como “arte”, “habilidad” o “destreza”. En latín, la palabra griega *técnica* se tradujo por *ars*, de la cual deriva la palabra arte, y otras como artesano, artista, artificial (del lat. *arte factus*, hecho con arte - Diccionario de la Real Academia Española).

Lo interesante es que los griegos consideraban que *techné* no era un mero hacer, sino un saber hacer, implicando un conocimiento de carácter práctico contrapuesto a la episteme que es un conocimiento meramente teórico. Las técnicas estuvieron presentes desde el origen de la humanidad. Algunas de ellas son muy antiguas y

formaron parte de una construcción cultural. Podemos mencionar a modo de ejemplo técnicas como la agricultura, el manejo del fuego, domesticación de animales (Gianella, 1995).

### **3.1. Aproximación a la noción de Técnica**

La palabra *técnica* designa *el conocimiento que, siguiendo ciertas reglas, puede hacer o producir algo*. El producto no existe en la naturaleza; es creado con un fin práctico. Designa acciones intencionales, *que tienen como fin la creación de un objeto artificial*<sup>21</sup>, es decir no natural. Esta creación puede ser una cosa, un estado o un proceso controlado o hecho deliberadamente por el ser humano. El concepto de técnica es muy amplio e incluye actividades diversas: productivas, artesanales, artísticas, intelectuales, etc. En algunos casos, la técnica ha tenido

---

<sup>21</sup> El objeto artificial es diseñado y el diseño o proyecto es la representación anticipada de una creación, por ejemplo, un telar mecánico, una forma de organización de la producción, el endicamiento de un río, etc. (Bunge, 1985)

su propia historia, como la navegación, la agricultura y la producción textil.

Habitualmente se identifica a la técnica con el artefacto que es su producto o su resultado. Sin embargo, como venimos planteando, no es posible considerar los objetos como entidades separadas de las acciones que los generan y del conocimiento técnico utilizado.

De esta manera, la técnica comprende:

“...las actividades o sistemas de acciones artesanales, artísticas, dirigidas hacia el propio cuerpo y su entorno inmediato, etc., de carácter socialmente estructurado, pero no directamente integradas en los modernos procesos productivos industriales, generalmente organizados en torno a la institución de la empresa (pública o privada), ni vinculadas a la actividad científica” (Liz, 1995).

En esta definición destacamos algunas características fundamentales de la técnica:

- Es un tipo de conocimiento que guía acciones no vinculado a la ciencia

- Persigue intereses individuales orientados a modificar el entorno próximo. Estos intereses son fácilmente determinables.
- Opera de manera directa sobre la realidad
- Es un saber que incluye qué hacer (*know that*) y cómo hacerlo (*know how*). Estos saberes se transmiten de modo personal y comprenden una serie de habilidades particulares.
- La evaluación es inmediata, se busca resolver problemas prácticos y de manera eficiente. Por eso dicha evaluación es muy cercana a los contextos de producción y de uso.

### **3.2. Profundizando el concepto de Tecnología**

La definición de tecnología, así como la de técnica dista mucho de ser unívoca. Es decir, no tiene una significación única. El uso de la palabra está hoy muy difundido, y se la emplea para designar tanto al

conocimiento tecnológico como al producto obtenido a través de ese conocimiento.

A partir de este conocimiento, como base y fundamento, se puede considerar a la *tecnología* como:

“...las actividades o sistemas de acciones socialmente estructuradas, sumamente integradas en los procesos productivos industriales y estrechamente vinculadas al conocimiento científico” (Liz, 1995).

En esta definición, observamos algunas características de la tecnología:

- Es un tipo de conocimiento vinculado a la actividad científica.
- Persigue intereses colectivos y son más sofisticados que los de la técnica.
- Opera en niveles de la realidad no fácilmente accesibles. Las actividades tecnológicas son más complejas y organizadas.

- Como saber involucra, además de destrezas adquiridas, formas institucionales de aprendizaje (escuelas, universidades, etc.).
- Además de la evaluación interna de las creaciones tecnológicas, la externa se aleja de estos contextos de producción y sus posibles impactos.

Es importante destacar que una gran parte de la técnica se fue transformando en tecnología al vincularse con la ciencia a partir de mediados del siglo XIX. No obstante, como sostienen muchos autores, si bien la tecnología involucra conocimientos científicos y un método tecnológico, hay siempre una cuota de conocimientos no sistemáticos, que provienen de la experiencia u oficio.

En el capítulo sobre ciencia vimos que las comunidades científicas producen y regulan conocimientos científicos, están integradas por profesionales que comparten un paradigma y ellas mismas están insertas en la sociedad. Análogamente, las comunidades tecnológicas están integradas por personas con competencias específicas que cuentan con un conjunto de teorías y métodos de

investigación, originan o continúan una tradición de diseño-ensayo, evalúan artefactos o proyectos y comparten concepciones sobre procesos naturales, sociales y técnicos. Por otro lado, la sociedad con su medio natural y social, económico, político y cultural, contiene y promueve a las comunidades tecnológicas (Bunge, 1985). Las comunidades tecnológicas no son tan abiertas como las científicas: las patentes y los secretos industriales y militares obstaculizan la difusión de los avances tecnológicos. La discusión puede girar en torno a si sólo el conocimiento tecnológico es un producto que se comercializa. En esa dirección podemos preguntarnos si es válido pensar a la ciencia como un conocimiento desinteresado. Sin embargo, la ciencia se encuentra hoy en un proceso de colectivización que implica unificar fines teóricos y prácticos. Por lo tanto, como afirma Ziman (1986), existe una gran dificultad para distinguir entre ciencia básica y aplicada.

A su vez, el conocimiento tecnológico se vincula a sistemas industriales y empresariales de investigación, decisión, organización, producción, comercialización y



evaluación. En esa complejidad intervienen diversos sistemas. Por ejemplo, si tomamos a la comunidad informática, no existe el inventor solitario, sino que la organización está asegurada por las sociedades, reuniones y publicaciones profesionales.

### 3.3. Clasificación de tecnología

Las clasificaciones de la tecnología son muy diversas. Siguiendo la definición de tecnología que hemos propuesto tomaremos la clasificación de M. A. Quintanilla (2017) teniendo en cuenta el papel de los agentes humanos en cuanto a sus conocimientos y sus capacidades o habilidades. En la siguiente tabla podemos ver la clasificación:

<i>Tecnologías</i>	<i>Conocimientos y habilidades</i>
<b>1. Tecnologías basadas fundamentalmente en conocimientos</b>	<b>a) En conocimientos teóricos de carácter científico:</b> tecnologías de punta o tecnologías avanzadas, muy vinculadas al desarrollo del conocimiento científico, con escasa base operacional y con un alto peso en ellas de las actividades de I+D (investigación y desarrollo), como las tecnologías para el control de la fusión

	<p>nuclear, la ingeniería genética, la tecnología láser, etcétera.</p> <p><b>b) En conocimientos operacionales<sup>22</sup> muy elaborados y generalmente con una fuerte base científica:</b> tecnologías de ingeniería tradicional como la ingeniería civil o mecánica, la arquitectura, la cirugía, etcétera.</p>
<p><b>2. Tecnologías basadas fundamentalmente en habilidades o capacidades</b></p>	<p><b>a) En habilidades manuales específicas:</b> artesanías, oficios manuales.</p> <p><b>b) En habilidades manuales no específicas:</b> tecnologías de fabricación en serie, manufacturas, etcétera.</p> <p><b>c) En habilidades organizativas específicas:</b> técnicas de gestión de empresas o de instituciones.</p> <p><b>d) En habilidades organizativas no específicas:</b> técnicas de organización, asistencia social, técnicas de ventas, etcétera.</p> <p><b>e) En habilidades intelectuales específicas:</b> técnicas de programación de ordenadores, de control numérico de máquinas-herramientas, medicina especializada, control de plantas industriales, etcétera.</p> <p><b>f) En habilidades intelectuales no específicas:</b> relaciones públicas, publicidad, gran parte de las técnicas artísticas y culturales, etcétera.</p>

Fuente: Elaboración propia sobre la base de la clasificación brindada por M. A. Quintanilla, M. A. (2017)

Como mencionamos anteriormente, existen otros criterios de clasificación. Uno muy conocido es el que tiene en cuenta la intensidad de las acciones tecnológicas orientadas a la transformación de los componentes

---

<sup>22</sup> Se refieren a conocimientos de orden práctico.

materiales. De acuerdo a eso, es posible diferenciar entre tecnologías duras y blandas. Las primeras generan grandes cambios en los entornos y en los sistemas e insumen mucha energía y materiales. En cambio, las segundas diseñan artefactos/sistemas que emplean pocos recursos escasos, no dañan el medio ambiente, no tienen un gran consumo de energía y pueden ser muy eficientes. Ejemplos de estas tecnologías son aquellas que diseñan generadores eléctricos sustentables para uso doméstico o viviendas rurales con algunas de las comodidades modernas.

Sin embargo, además de las tecnologías que transforman la materia, existen tecnologías organizacionales: el sistema fabril del siglo XVIII, los laboratorios de Investigación y Desarrollo, el Taylorismo y el Fordismo de los siglos XIX y XX, los actuales parques tecnológicos en donde conviven la fábrica, el laboratorio y la universidad<sup>23</sup> son claros ejemplos.

---

<sup>23</sup> Esto visualizarse en el triángulo propuesto por Jorge Sábato. Este tema se desarrollará con una mayor profundidad en el cuadernillo de Políticas de Ciencia, Tecnología e Innovación.

### **3.4. El método tecnológico**

La relación actual entre ciencia y tecnología se da en varios sentidos. Como ya explicamos la tecnología, no sólo usa conocimientos que le provee la ciencia, sino que muy especialmente se apoya en el método científico tomándolo como modelo operativo. La lógica interna de la ciencia sirve de modelo a la investigación tecnológica y a los procesos mismos de innovación e invención. Por lo tanto, el método científico (descrito en el capítulo anterior, particularmente el hipotético deductivo) tiene su versión análoga en el proceso tecnológico.

Siguiendo esta idea, el método tecnológico, al igual que el científico también podría dividirse en 2 grandes contextos: el contexto de descubrimiento y el contexto de justificación que aborda cuestiones de validación. En el primer contexto importa la formulación de una idea o problema, la invención de un artefacto o proceso, vinculado a factores sociales, políticos, económicos o tecnológicos. Por otro lado, el segundo contexto involucra cuestiones de validación: ensayos/pruebas satisfactorias, factibilidad de la creación/descubrimiento,

resolución del problema inicial con éxito, incremento del conocimiento tecnológico disponible. Además, existe un tercer contexto denominado contexto de aplicación que se refiere a la producción, comercialización y evaluación (Klimovsky, 1971).

A continuación, en la tabla se observan los pasos del método científico y del tecnológico teniendo en cuenta los contextos ya mencionados.

	PASOS DEL MÉTODO CIENTÍFICO	PASOS DEL MÉTODO TECNOLÓGICO
<b>Contexto de descubrimiento</b>	La pregunta: planteo de un problema teórico.	Planteo de un problema práctico.
	El científico propone una respuesta provisoria: una hipótesis (proposición general y sintética).  El marco teórico: el <i>background</i> del científico.	Diseño de la cosa, estado o proceso que tal vez resuelva el problema en alguna aproximación.  Búsqueda de los «principios» (leyes o reglas), así como de los datos, necesarios para resolver el problema.
<b>Contexto de justificación</b>	Proposiciones singulares extraídas de la hipótesis para poder ser verificadas. (Consecuencias observacionales).	Construcción de un modelo en escala, o de un prototipo (máquina, grupo experimental, programa social en pequeña escala, etc.).

	La contrastación: a) justificación de la hipótesis b) falsación o refutación de la hipótesis.	Pruebas-evaluación de factibilidad, fiabilidad y eficiencia. Revisión crítica del diseño, de las pruebas o del propio problema.
<b>Contexto de aplicación (o tecnológico)</b>		Fabricación-Producción-Implementación-Comercialización-Evaluación de consecuencias.

Fuente: Elaboración propia sobre los contextos propuestos por G. Klimovsky, 1971.

#### 4. Cambio tecnológico

Muchas veces se ha pensado que el desarrollo tecnológico ha contribuido decisivamente en el progreso de las sociedades. Se habla del “tren del progreso” que no se tendría que perder como metáfora del desarrollo científico y tecnológico de una región o país. El problema de esta metáfora es que no hay un solo tren, hay muchos trenes y muchos futuros tecnológicos posibles. Por esto, lo principal es saber dónde queremos ir y cómo queremos llegar, algo que depende, en parte, de las decisiones de las personas. Entonces *¿cómo y por qué se desarrolla la tecnología?*

En primer lugar, el desarrollo tecnológico no es lineal. No se pasa de un modelo a otro simplemente por un aumento de la eficiencia o una mejora estrictamente técnica. No se trata sólo de ingenieros buscando soluciones a problemas sociales y necesidades humanas. A ellos se les suma una variedad de intereses económicos y decisores que participan en los cambios tecnológicos. Por ejemplo, el paso de la heladera refrigerada a gas a una con sistema eléctrico no se dio porque ésta última fuese más eficiente que la primera sino porque era más económica ya que se habían tendido las redes eléctricas.

En segundo lugar, el desarrollo tecnológico es multidireccional, es decir, sigue un camino zigzagueante, con retrocesos y avances, marcados por la participación de múltiples actores que intervienen en todo el proceso: desde la idea hasta los impactos y desechos.

Retomando la pregunta antes formulada comencemos por *¿cómo se produce el cambio tecnológico?* Es posible identificar algunas modalidades de este proceso:

- *Salto estructural*, que configuran verdaderas

rupturas con el pasado y dan lugar al paso de una generación de tecnología a otra; para viabilizar los saltos estructurales es fundamental el aporte de la ciencia.

- *Períodos de evolución gradual*, en los que se produce un desarrollo por acumulación de conocimientos y experiencias. La evolución requiere de dos factores principales: aprendizaje por experiencia y la masa crítica (o sea el conjunto de recursos financieros, conocimientos, mercado, entre otros).

Tanto los saltos estructurales como los períodos de evolución gradual generan distintos tipos de innovaciones, tema que será abordado más adelante en este texto.

En cuanto al interrogante *¿por qué se produce el cambio tecnológico?*, existen modelos teóricos que muestran la dinámica de dicho cambio. Algunos modelos tienen una lógica determinista: intentan explicar el cambio tecnológico a partir de una única causa determinante. En unos casos, es la tecnología misma, en otros, es la política,



economía o la cultura. Cada uno de los siguientes modelos por separado sigue esta lógica:

- *Modelo Tecnológico*: la tecnología cambia por sí misma, es una fuerza autónoma que determina el cambio social. El cambio se presenta como progreso lineal. Se clasifica a las sociedades de acuerdo con el estadio de desarrollo tecnológico. La naturaleza de una sociedad está determinada por la tecnología. Cabe esperar que las sociedades ubicadas en un estadio tecnológico similar sean similares en sus demás aspectos. La sociedad va a la saga de la tecnología. No se explica dentro de este modelo por qué muchas sociedades no han hecho uso de productos tecnológicos que poseían.
- *Modelo Económico*: la causa del cambio tecnológico son las fuerzas comerciales y económicas que están detrás de las innovaciones. Las tecnologías desarrolladas son las más adecuadas en un lugar y tiempo determinados para las condiciones económicas existentes. Este modelo subraya que casi siempre hay una serie de tecnologías posibles

para hacer un trabajo particular. Los criterios determinantes sociales son los económicos y estos producen los cambios tecnológicos. Se adoptan las tecnologías que minimicen los costos y maximicen la eficiencia económica. Las tecnologías que se adoptan son aquellas que se suponen tienen éxito en el mercado. Pero no siempre las tecnologías más eficientes son las que se desarrollan comercialmente.

- *Modelo Político:* El desarrollo tecnológico se considera como el reflejo de las relaciones jerárquicas de la sociedad, es decir, que los cambios en las tecnologías de producción reflejan los deseos de las minorías dominantes de mantener el poder y su control sobre la sociedad. La innovación tecnológica se transforma en un arma política. Pero es difícil explicar todo el cambio tecnológico desde este modelo, es decir, sólo en términos de estrategias de poder político.
- *Modelo Cultural:* La determinante del cambio tecnológico está en los valores, creencias y la

cultura de la sociedad. Así, por ejemplo, para algunos autores el cambio tecnológico contemporáneo se explica por la gradual aceptación de la “imagen científica del mundo” iniciada en la Europa del Renacimiento. Para otros, los cambios no pueden separarse de los contextos culturales. La crítica a este modelo es ideológica: para los marxistas no habría una causalidad cultural porque lo ideológico está determinado por lo económico y tecnológico.

Frente a estas perspectivas deterministas y lineales sobre el cambio tecnológico, el siguiente modelo propone una visión superadora que integra las distintas variables involucradas en dicho proceso. Es un modelo interactivo que analiza el cambio tecnológico y la innovación de una manera dinámica, teniendo en cuenta las relaciones, los procesos y las trayectorias de las tecnologías, extendiendo la mirada más allá de aspectos meramente técnicos o artefactuales.

En el *Modelo de Interacción* se interrelacionan todas las variables (tecnología, política, economía, cultura) en una

forma compleja y sistémica. La producción y el conocimiento tecnológico se consideran como el telón de fondo de la sociedad, con su peculiaridad cultural, con distinto capital humano, bagaje intelectual y en un medio ambiente con una serie muy definida de recursos. El modelo de desarrollo tecnológico que surge en un medio social interactúa con éste acentuando algunos aspectos y cambiando otros. La tecnología y la sociedad se representan aquí como espejos recíprocos. Por lo tanto, la tecnología y la sociedad no deben considerarse como elementos separados; más bien, nuestras sociedades son tecnológicas tanto como nuestras tecnologías son sociales.

En síntesis, el cambio tecnológico desde un enfoque sistémico pone de manifiesto la capacidad de innovación tecnológica de un país o de una región. Esta capacidad puede generarse a partir de las actividades de investigación (I+D) tal como veremos en el siguiente apartado.

#### **4.1. Investigación y Desarrollo (I+D)**

El término "Investigación y Desarrollo" y su sigla I+D (en Estados Unidos conocido como *Research and Development -R&D-*, en Europa *Research and Technological Development -RTD-*) está habitualmente relacionado al concepto de innovación empresarial o gubernamental.

Tradicionalmente las actividades de I+D se han vinculado al ámbito industrial y se las ha definido como el conjunto de tareas y procesos de investigación que una organización lleva a cabo para mejorar los productos, procedimientos y/o servicios ya existentes en el mercado o para conducir/crear otros nuevos. De acuerdo con esto, I+D se asemeja a la ingeniería, pero se distingue en su proceso y objetivos.

- Por un lado, genera conocimiento, desarrolla diseños y sigue con la creación, validando los prototipos-ensayos y su viabilidad. La ingeniería continúa con esta etapa, convirtiendo estos prototipos en

productos viables económicamente y vendibles.

- Por otro lado, en ella se pueden reconocer tres distintos subprocesos: investigación básica, investigación aplicada y desarrollo experimental/tecnológico. A modo de síntesis se puede ver:

SUBPROCESOS	CARACTERIZACIÓN
<b>INVESTIGACIÓN BÁSICA</b>	Busca conseguir conocimientos nuevos o la comprensión de un tema de investigación, buscando conocer los fundamentos de los fenómenos/hechos observables, a través de trabajos experimentales o teóricos. En un sentido industrial, la investigación básica se usa para mejorar el conocimiento sobre un tema sin estar guiado por un objetivo comercial en particular y tener una aplicación o uso determinado.
<b>INVESTIGACIÓN APLICADA</b>	Se propone crear nuevos conocimientos vinculados con un objetivo comercial/práctico específico que incluye procesos, productos o servicios a partir de la realización de trabajos originales.

<b>DESARROLLO</b>	<p>El desarrollo incluye la producción de prototipos mediante el trabajo sistemático que hace uso de los conocimientos obtenidos de la investigación y/o la experiencia práctica.</p> <p>Se producen materiales, dispositivos, productos, procesos, servicios, sistemas útiles nuevos o mejoras de los existentes que sean útiles y/o comercialmente viables.</p>
-------------------	---

Fuente: Elaboración propia sobre los subprocesos desarrollados en el Manual de Frascati (OCDE, 2015) y Universidad Internacional de Valencia (2022).

Según la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE, Manual de Frascati, 2015: 47),

“la I+D comprende el trabajo creativo y sistemático realizado con el objetivo de aumentar el volumen de conocimiento (incluyendo el conocimiento de la humanidad, la cultura y la sociedad) y concebir nuevas aplicaciones a partir del conocimiento disponible”.

En este sentido, para que una actividad sea reconocida de I+D, “...debe cumplir con cinco criterios básicos, debe ser: 1) *Novedosa* 2) *Creativa* 3) *Incierta* 4) *Sistemática* 5) *Transferible y/o reproducible*” (OCDE, 2015: 47).

Además, hay rasgos comunes en las actividades de I+D que le dan identidad, aunque sean desarrolladas/ejecutadas por diferentes personas:

- Deben estar dirigidas a lograr objetivos generales y específicos.
- Siempre están orientadas hacia nuevos descubrimientos (invenciones, soluciones, observaciones, etc.) asentados en conceptos originales (y su comprensión) o hipótesis.
- Los productos/resultados finales son en general inciertos teniendo en cuenta sobre todo la cantidad de tiempo y los recursos que se precisen para alcanzar los objetivos. Estos resultados pueden transferirse de modo libre o comercializarse en el mercado.
- Siguen un plan de acción y un presupuesto.

Para efectuar actividades de I+D, se necesita personal científico y técnico capacitado en la producción de conocimiento tecnológico y en la eficiencia para su



comercialización a través de sus propios productos, patentes, asesoramiento técnico, contratos de *know-how*, entre otros. La actividad requiere de conocimientos que van más allá de los propiamente científicos-técnicos, como es la información sobre la legislación, las fuentes de financiamiento, el mercado, las tendencias, etc. provenientes de las áreas: administrativa, financiera, comercial, marketing, etc. que también intervienen activamente en la obtención, uso y comercialización de la tecnología.

Con una perspectiva más amplia, la tendencia actual muestra las actividades de I+D asociadas a programas generados desde organismos internacionales como la UNESCO (Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura) o la OCDE, con el fin de promover la cooperación entre países. De esta manera, los programas de I+D han pasado del ámbito empresario y académico a la esfera gubernamental con organismos públicos encargados de planificar políticas de ciencia y tecnología. Para M. A. Quintanilla (2017) estos programas de I+D son el medio más importante para producir

innovaciones tecnológicas y promover la investigación científica.

Los programas de I+D están atravesados por dos contextos: el contexto social y el contexto científico-tecnológico. El primer contexto condiciona al programa porque responde a las necesidades sociales o económicas del mismo. De allí derivan las evaluaciones externas: evaluación de las consecuencias y la idoneidad. Pero a su vez, el programa se ve condicionado por el segundo contexto que provee los recursos científicos y tecnológicos disponibles, dando lugar a las evaluaciones internas: factibilidad, eficiencia y fiabilidad.

En este sentido, el diseño de los programas de I+D debiera basarse en la compatibilización del interés científico y tecnológico con la utilidad social porque cualquier investigación está condicionada por los recursos disponibles, las necesidades sociales, los intereses económicos, las expectativas, entre otros aspectos (Quintanilla, 2017). En síntesis, en los programas de I+D convergen las decisiones políticas, la investigación

científica, el diseño tecnológico y los procesos de evaluación interna y externa.

## **4.2. Invención e Innovación Tecnológica**

La invención es un proceso que lleva a la creación de algo nuevo o de algo que existía, pero no era controlado por el ser humano, por ejemplo, la existencia del fuego es previa al ser humano, pero éste encontró maneras de producirlo, mantenerlo o extinguirlo. En este caso, controlar el fuego no requirió ciencia alguna (Bunge, 1985), como también casi todos los inventos que se dieron hasta el comienzo de la Edad Moderna (metalurgia, arquitectura, agricultura). A partir de mediados del siglo XIX, iniciado el segundo ciclo de crecimiento industrial, esta situación cambió: en la invención de la radio Marconi utilizó patentes de Nikola Tesla, probándose de esta manera las teorías de Michael Faraday, James Maxwell y Heinrich Hertz. Otros ejemplos que podemos mencionar son: el microscopio óptico que se funda sobre la física óptica; los productos sintéticos, como los

colorantes artificiales desarrollados por la industria alemana que se fundan en la química; o el motor eléctrico fundado sobre la electrodinámica. Bunge (1985: 220) sostiene que decir que un invento “se funda” sobre una ciencia no implica que se dice que esta ciencia sea suficiente, sino que se la utiliza, poco o mucho, en el diseño del invento.

En este sentido, se puede ver que el inventor a partir del siglo XIX no ignora la ciencia. Sin embargo, a diferencia del científico que se interesa por explicar los fenómenos, el inventor diseña artefactos o procedimientos que tienen una utilidad. Su característica fundamental es aprovechar al máximo lo que sabe buscando alcanzar un objetivo práctico con una gran imaginación.

En síntesis, el invento puede ser definido como un nuevo dispositivo o procedimiento concebido por el ser humano. Es también la acción y el efecto de generar un nuevo producto.

Dicha acción puede ser científica o puede también ser una nueva técnica para obtener un resultado práctico

Si bien las innovaciones requieren de invenciones, no todas las invenciones llegan a ser innovaciones. Esto se debe a que en muchas ocasiones fracasan en su desarrollo. Una invención pasa a ser una innovación cuando los factores políticos, sociales y económicos posibilitan su producción, comercialización, uso y difusión (Gay, Ferreras, 1997; Fernández Sánchez, Vázquez Ordás, 1996).

La invención transformada en innovación puede ser un nuevo producto o proceso o la mejora de algo ya existente. Una innovación tiene que ser técnicamente realizable pero además requerida y aceptada por la sociedad. En este caso, nos referimos a las condiciones económico-financieras, políticas, culturales, así como a las necesidades y aspiraciones del consumidor. Por lo tanto, es un proceso colectivo que incluye en cada momento a diferentes actores, desde proveedores hasta consumidores. Si bien la innovación es un hecho tecnológico, para llegar a ser un hecho económico-social debe tener un impacto social significativo y una gran difusión. Un ejemplo de innovación fue la introducción

de la máquina de vapor para accionar los telares mecánicos durante la Primera Revolución Industrial. Esto muestra que la innovación es el resultado de la conjunción de lo técnicamente posible con lo socioeconómicamente deseado o aceptado desde el punto de vista de la sociedad, como de la producción.

### **4.3. Tipos de innovaciones**

En sentido amplio, es posible distinguir al menos dos tipos de innovaciones tecnológicas: *radicales e incrementales*. Las innovaciones incrementales se generan a partir de una innovación radical. Cuando ésta logra difusión -por ejemplo, la máquina de vapor- se da lugar a la acumulación de diversas innovaciones graduales casi de modo inmediato (se mejoró la disposición de la caldera, se separó el condensador del vapor, se crearon las válvulas de regulación automática de la presión en función de la carga, etc.) que impactan con fuerza en la difusión de esa tecnología.

En ocasiones, surgen innovaciones radicales que revolucionan el desarrollo de todo el *sistema tecnológico* y de la industria en general. Sus aplicaciones son prácticamente universales y fomentan el desarrollo de otras tecnologías. La creación de la televisión propició el desarrollo de otras industrias y actividades: la producción de equipos de transmisión y recepción, la expansión de la publicidad, la música, la industria del entretenimiento y la información. En este ejemplo se ve con claridad que los sistemas tecnológicos no sólo alteran el ámbito de los negocios y la producción sino además el contexto cultural e institucional en el que se desarrollan.

Cada nuevo sistema tecnológico implica la formulación de regulaciones necesarias para su desarrollo y control, moldeando las innovaciones de ese sistema. Cuando se produce este tipo de innovaciones se genera, en el campo tecnológico, algo similar a un cambio de paradigma científico. En este sentido, es posible hablar de *paradigmas tecnológicos*. Por ello, un nuevo paradigma tecnológico da lugar a cambios radicales en el ámbito económico, social, ambiental, productivo, cultural, etc. Por ejemplo,

podríamos mencionar los efectos socioculturales, institucionales, además de los económicos que tuvo el ferrocarril o el múltiple impacto de las tecnologías de la información y la comunicación, entre otras. *“Un paradigma [tecnológico] es, entonces, una lógica colectiva compartida en que convergen el potencial tecnológico, los costos relativos, la aceptación del mercado, la coherencia funcional y otros factores”* (Pérez, 2010: 139).

El paradigma ofrece un horizonte de posibilidades que muchas veces determina la trayectoria de una innovación, es decir, el recorrido que se espera de una tecnología, que podría ser una mejora o la versión superior de un producto o servicio. En el caso de los *smartphones* se espera que mejoren en determinadas funciones: cámaras con mejor resolución, procesadores más rápidos, más capacidad, diseños sofisticados, etc. Un producto tiene prefijado qué mejoras va a incorporar definidas por los paradigmas vigentes. En el ejemplo anterior, a fines de los noventa se esperaba que los celulares fueran cada vez más pequeños y la versatilidad



no estaba en sus metas, los que cambian con la aparición de los *smartphones*.

A continuación, sintetizamos las características principales de los tipos de innovaciones.

<i>Tipos</i>	<i>Definiciones</i>
<b>Incrementales</b>	Ocurren frecuentemente de manera continua en cualquier actividad industrial o de servicios. Van surgiendo por mejoras que sugieren los ingenieros sobre algún producto, o de pequeñas adaptaciones propuestas por usuarios u otras personas que participan en el proceso de innovación. Ninguna innovación gradual por sí sola tiene efectos drásticos en la economía, pero sus efectos acumulativos pueden conducir a una productividad mayor. Las mejoras en la aparición de nuevas funciones y utilidades en un software.
<b>Radicales</b>	Es la introducción de productos y procesos verdaderamente nuevos, un alejamiento de la 'trayectoria normal' de una tecnología, que no resultan de la mejora o modificación gradual de un producto o proceso anterior. Por ejemplo, la energía nuclear nunca podría haber surgido de mejoras graduales en las plantas.
<b>Sistemas</b>	Los sistemas tecnológicos <sup>24</sup> son el resultado de una combinación exitosa de innovaciones radicales y graduales

---

<sup>24</sup> Durante la Primera Revolución Industrial se conformaron sistemas tecnológicos tomando como núcleo a la máquina de vapor. Ésta motivó el impulso de la metalurgia y la siderurgia, permitiendo a su vez la aplicación cada vez más extensiva de máquinas textiles y

<b>tecnológicos</b>	(o sea modificaciones sustantivas de los contenidos científicos y tecnológicos), junto con innovaciones organizacionales, que afectan a diversos ámbitos.
<b>Paradigmas tecnológicos</b>	Los paradigmas tecnológicos implican cambios muy importantes en los sistemas tecnológicos, debido a la introducción de nuevas tecnologías con potencial para transformar una amplia gama de actividades económicas, sociales, culturales y políticas. Las repercusiones tienen un alcance mayor porque involucran: la convergencia entre distintas tecnologías, cambios radicales en las características de muchos productos y servicios; efectos ambientales inesperados; un acceso desigual a las tecnologías dentro y entre los países, entre otras.

Fuente: Elaboración propia sobre la base de C. Freeman, 1987.

Un sistema tecnológico va evolucionando en una red compleja de interrelaciones entre ingenieros, científicos, proveedores, consumidores e instituciones públicas y privadas hasta llegar a transformarse en lo que se ha

---

máquinas herramientas para múltiples usos. Otro aspecto ligado sistémicamente a los anteriores es el desarrollo del transporte terrestre o naval –ferrocarril, buque de vapor-. Durante la Segunda Revolución Industrial los núcleos de nuevos sistemas tecnológicos fueron la fabricación del acero, la química pesada, el uso de la electricidad, el auge de las comunicaciones, la aparición del motor a explosión interna, el uso del frío, los descubrimientos médicos. En el proceso de la Tercera Revolución Industrial los sistemas tecnológicos se van constituyendo en torno a la microelectrónica, la genética, los nuevos materiales, las telecomunicaciones, los sistemas programables, la robótica, la automatización flexible, etc.

llamado *sistema nacional de innovación* (Arocena, 1993). El carácter interactivo e interdisciplinario que muestran las innovaciones, el conocimiento y la experiencia que las sustentan, la infraestructura y los servicios necesarios, como así también la diversidad de aprendizajes que se van generando, proveen las ventajas competitivas al contexto económico en el que se desarrolla dicho sistema (Pérez, 2010).

## **5. La competitividad en el paradigma tecno-económico actual**

La innovación tiene un rol multifacético en los paradigmas tecno-económicos (Freeman, 1987) que afectan las capacidades competitivas tanto de las empresas como de las economías. Como vimos, las innovaciones tecnológicas han desempeñado un papel preponderante en el incremento de la productividad en la mayor parte de los países, y le han dado ventajas competitivas a aquellas empresas que las adoptaron y aplicaron exitosamente. Las ventajas competitivas son las

capacidades que tienen las empresas en aspectos que los competidores no pueden desarrollar o no están dispuestos a igualar. De allí que la competitividad de una empresa es su posición relativa en comparación con otras empresas en el mercado local o global.

En el paradigma tecno-económico actual, para que una empresa sea competitiva debe tener una sólida estructura organizacional, recursos humanos multicalificados, creativos y el dominio de una tecnología determinada. Las ventajas competitivas se basan en las vinculaciones entre las actividades de I+D, tanto empresarial como gubernamental, la difusión comercial de las innovaciones y las transformaciones sociales, las relaciones intra e interempresariales (grandes y pequeñas, públicas y privadas), etc. El cuadro que aparece al final de este texto muestra los paradigmas tecno-económicos (Freeman, 1987) y a su vez las innovaciones que los generaron.

En este contexto, las tecnologías digitales están transformando la economía y la sociedad mundial. Asistimos a un nuevo ciclo de crecimiento industrial marcado por cambios tecnológicos que acentúan algunas

de las condiciones anteriores y generan interrupciones. Las empresas han sufrido un gran impacto en sus formas de organización, dirección y financiamiento. Se acortó su vida media, se redujo el tiempo en que nuevos emprendimientos se constituyen exitosamente en el mercado y las innovaciones por su aceleramiento son muy difíciles de prever.

Entonces, ¿cómo impactan las tecnologías digitales en las industrias?

Las nuevas tecnologías provocan diversas interrupciones. Muchas veces sus impactos son difíciles de evaluar y, sobre todo en algunos contextos pueden provocar desempleo o acrecentar las desigualdades sociales.

En primer lugar, los clientes han cambiado sus expectativas respecto de los productos y la experiencia que involucra el acto de la compra, la marca, el servicio al cliente, la identificación con una clase de consumidor, etc. La digitalización permite crear perfiles de consumo que sirven para mejorar la calidad y la difusión del producto.

El ejemplo de *Nespresso* muestra la centralidad del cliente y su experiencia.

En segundo lugar, las nuevas tecnologías están mejorando los productos. Esta mejora no solamente se da por el uso de nuevos materiales sino por la aplicación de los datos y el análisis de los mismos que permiten conocer su vida útil. Un ejemplo de esto son los sensores que monitorean los productos permitiendo controlar el mantenimiento y de esa forma maximizar su uso.

En tercer lugar, tanto las expectativas de los clientes como la mejora de los productos llevan a una innovación colaborativa entre las empresas. Esto vale tanto para las organizaciones ya establecidas, como para las nuevas y jóvenes. Las primeras, en ocasiones, no pueden visibilizar las necesidades del cliente y las segundas, carecen de capacidad financiera e información. Por eso es necesario una colaboración entre ambas, que permita cubrir las falencias de cada una. Estas colaboraciones no son fáciles, pero a veces pueden generar otros modelos de negocios como el caso de Uber que es el resultado de combinar lo *online* y *offline*, promoviendo el desarrollo de nuevos

sistemas tecnológicos (Schwab, 2017: 79). De esta forma las grandes empresas, permanecerán debido a su escala, invirtiendo en el desarrollo de *start-ups* y pymes ya sea comprándolas o asociándose con ellas, favoreciendo la agilidad y la creatividad en el negocio. En esa dirección, *Google* se reorganizó en un holding denominado *Alphabet* para poder seguir innovando.

En cuarto lugar, los nuevos modelos de operación se basan en el uso intensivo de las plataformas digitales que funcionan a nivel global y están vinculadas con el mundo físico. Cada vez es mayor el número de personas que no compran ni poseen objetos físicos, sino que pagan por un servicio que acceden a través de la plataforma: leer un libro electrónico o escuchar música en *Spotify*. Este modelo genera actividades más sostenibles que plantean cambios en la forma de entender la propiedad, pero además las nuevas tecnologías al hacer un uso más eficiente de la energía y los materiales, preservan los recursos y favorecen el medio ambiente. En Argentina, podemos mencionar el caso de Mercado Libre que acerca

la oferta y la demanda a través de una plataforma para la compra y la venta de activos físicos.

Todos estos cambios mencionados, obligan a las empresas a proveerse de sistemas de seguridad de datos que los protejan de ciberataques o accidentes involuntarios. Asimismo, las desafían a generar y retener empleados motivados y calificados. Esta situación plantea la necesidad de empresas que funcionen con equipos de trabajo dinámicos que, de forma remota o presencial, intercambien continuamente información y puntos de vista: es el *talentismo* que define K. Schwab (2017: 82).

Por su parte, las empresas que además combinan el mundo físico y digital con el biológico, pueden provocar una disrupción en toda una industria. Por ejemplo, en el ámbito de la medicina, la industria de la sanidad desarrolla nuevas formas de diagnóstico al mismo tiempo que puede digitalizar las historias clínicas y obtener información de implantes u otros dispositivos.



En los tiempos de transición es cuando se pueden abrir nuevas “ventanas de oportunidad” acordes a las condiciones políticas, económicas y sociales de cada país o región. Sin embargo, esas realidades normalmente pueden presentar problemáticas de desempleo o inflación que hacen difícil pensar a largo plazo, y simultáneamente dichas oportunidades tienen un tiempo cada vez más limitado, *“(...) para acercarnos a la ventana, y estar en condiciones de atravesarla antes que se cierre, hay que saltar un foso que es ya hoy más grande que ayer”* (Arocena, 1993: 99).

## **6. Consideraciones finales**

En este texto, se ha buscado identificar las características principales de la tecnología: su concepto, las interacciones con la ciencia y la técnica, la clasificación y el método tecnológico, señalando la analogía con el método científico. Además, por un lado, se ha tratado de responder cómo y por qué se desarrolla la tecnología reconociendo las posibles variantes y los modelos que lo

explican, así como también la importancia de las actividades de Investigación y Desarrollo para la generación de capacidades tecnológicas y la competitividad en un país o región. Por otro lado, se han profundizado las nociones de invención e innovación tecnológica, destacando los rasgos más distintivos de ambos procesos. Asimismo, se ha puesto en evidencia el valor del actual paradigma tecno-económico, los rasgos más sobresalientes de las tecnologías digitales y su impacto en las industrias.

Por último, podemos dejar planteada la pregunta ¿la ciencia y la tecnología están subordinadas a fuerzas sociales y políticas o son autónomas y capaces de producir cambios radicales e imposibles de predecir? Las posibles respuestas llevarían a cuestionar el determinismo tecnológico. Consideramos que la tecnología no es la consecuencia inevitable de su desarrollo autónomo, sino que depende, en parte, de los contextos en los cuales se genera y de la interacción concreta de los grupos sociales participantes. Y tomando como referencia a L. Winner habría que evitar el

“sonambulismo tecnológico” de algunos funcionarios que toman decisiones (deambulando) sin el conocimiento suficiente sobre los temas tecnológicos.

Frente al determinismo o al sonambulismo tecnológico, afirmamos junto a M. Quintanilla (2017: 27) la idea de que *“las tecnologías son como son porque hay personas que toman decisiones para que sean así”*. Por lo tanto, se podrían tomar decisiones que sin renunciar al desarrollo tecnológico aprovechen sus consecuencias sociales y económicas beneficiosas.

## **7. Referencias bibliográficas**

Arocena, R. (1993) *Ciencia, tecnología y sociedad. Cambio tecnológico y desarrollo*. Buenos Aires: Centro Editor de América Latina.

Bunge, M. (1987) *Ciencia, Técnica y desarrollo*. Buenos Aires: Editorial Sudamericana.

(1985) *Pseudociencia e ideología*. Buenos Aires, Editorial Alianza Universidad.

Echeverría, J. (2003) *La revolución tecnocientífica*. Madrid: Fondo de Cultura Económica.

Feibleman, J. K. (1983/1961) Pure science, applied science, and technology: an attempt at definition [Ciencia pura, ciencia aplicada y tecnología: un intento de definición]. In: Mitcham, C. & Mackey, R. (Ed.). *Philosophy and technology. Readings in the philosophical problems of technology* [Filosofía y tecnología. Lecturas sobre los problemas filosóficos de la tecnología]. New York: The Free Press. p. 36.

Fernández Sánchez, E. Vázquez Ordás, C. J. (1996) El proceso de innovación tecnológica en la empresa. *Investigaciones Europeas de Dirección y Economía de la Empresa Vol. 2*, WI (Universidad de Oviedo), pp. 29-45

Freeman, C. (1987) *Technology Policy and Economic Performance: Lessons from Japan* [Política tecnológica y resultados económicos: Lecciones de Japón]. London: Printer Publishers

- Gay, A., Ferreras, M. (1997) *La Educación Tecnológica Aportes para su implementación*. Prociencia Conicet. MCyEN.
- Gianella, A. (1995) *Introducción a la Epistemología y a la Metodología de la ciencia*. La Plata: Edulp.
- Klimovsky, G. (1971) Estructura y validez de las teorías científicas, en Ziziemsky y otros, *Métodos de investigación en psicología y psicopatología*.
- Liz, M. (1995) *Conocer y actuar a través de la tecnología*, en Broncano, F. (editor), *Nuevas meditaciones sobre la técnica*. Buenos Aires. Editorial Trotta.
- OCDE (2015) *Frascati Manual 2015: Guidelines for Collecting and Reporting Data on Research and Experimental Development, the Measurement of Scientific, Technological and innovation activities*. [Manual de Frascati 2015: Directrices para la recogida y comunicación de datos sobre investigación y desarrollo experimental, la medición de las actividades científicas, tecnológicas y de

innovación] Publicado por acuerdo con OCDE,  
París (Francia)

Pacey, A. (1980) *El laberinto del ingenio: ideas e idealismo en el desarrollo de la tecnología*. Barcelona: Editorial Gustavo Gili, Colección Tecnología y Sociedad.

Pérez, C. (2010) Revoluciones tecnológicas y paradigmas tecnoeconómicos. Capítulo 4. Del original en inglés: Technological Revolutions and Techno-economic Paradigms. *Cambridge Journal of Economics*, vol. 34, n° 1, pp. 185-202. Disponible: [https://carlotaperez.org/wp-content/downloads/publicaciones/marco-teorico/Revoluciones\\_tecnologicas\\_y\\_paradigmas\\_tecnoeconomicos.pdf](https://carlotaperez.org/wp-content/downloads/publicaciones/marco-teorico/Revoluciones_tecnologicas_y_paradigmas_tecnoeconomicos.pdf)

Quintanilla, M. A. (2017) *Tecnología: Un enfoque filosófico y otros ensayos de filosofía de la tecnología* (2da edición). México: Fondo de Cultura Económica.

Sagan, C. (1984) *El cerebro de Broca. Reflexiones sobre el apasionante mundo de la ciencia*. México: Ed. Gribaldo (edición electrónica).

Schwab, K. (2017) *La cuarta revolución industrial*. Buenos Aires: Debate.

Universidad Internacional de Valencia (2022) *Algunos conceptos básicos sobre I+D*. Disponible:

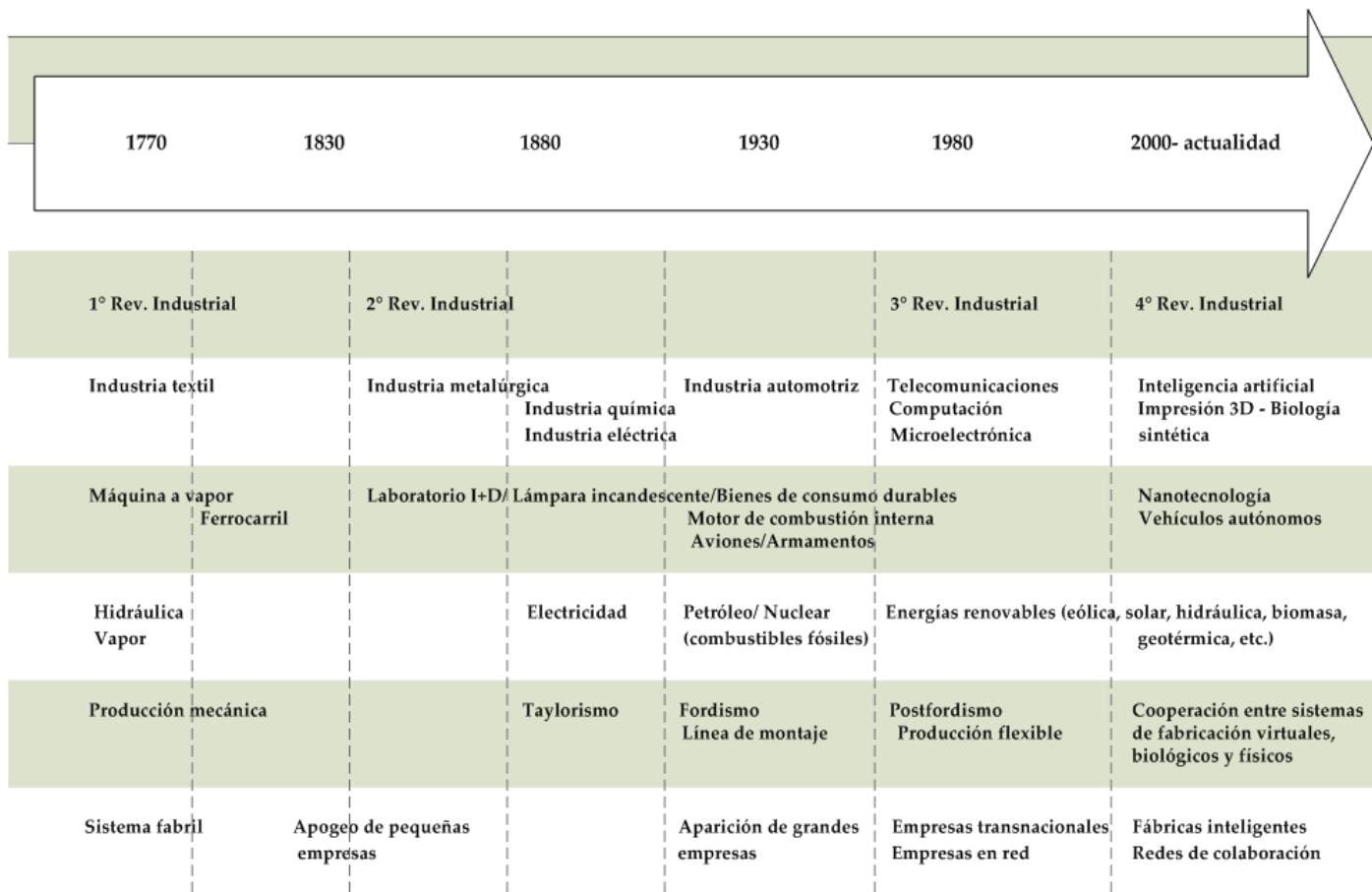
<https://www.universidadviu.com/es/actualidad/nuestros-expertos/algunos-conceptos-basicos-sobre-i-mas-d>

Winner, L. (1977) *Autonomous Technology: Technics-out-of-Control as a Theme in Political Thought* [Tecnología autónoma: La técnica fuera de control como tema del pensamiento político] Cambridge (Mass.): MIT Press. Disponible en:

[https://monoskop.org/images/0/00/Winner\\_Langdon\\_Autonomous\\_Technology\\_Technics-out-of-Control\\_as\\_a\\_Theme\\_in\\_Political\\_Thought.pdf](https://monoskop.org/images/0/00/Winner_Langdon_Autonomous_Technology_Technics-out-of-Control_as_a_Theme_in_Political_Thought.pdf)

Ziman, J. (1996) *Introducción a las ciencias*. Barcelona: Ariel.

## PARADIGMAS TECNOECONÓMICOS EN LA INDUSTRIALIZACIÓN







## CAPÍTULO 3

---

### **POLÍTICAS DE CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN**

**Breve panorama mundial y conexiones con el  
desarrollo industrial en Argentina**

*Hugo Alejandro Izaguirre y Federico Vasen*

## **1. Introducción**

En este capítulo abordaremos el vínculo entre ciencia y política, a través de la historia y los objetivos de las políticas de ciencia, tecnología e innovación. Nos preguntaremos de qué tratan estas políticas y revisaremos los principales enfoques que han guiado su evolución a lo largo de la historia, tanto a nivel internacional como en nuestro país. En segundo lugar, discutiremos los vínculos del sistema científico con la industria, y las dificultades y los desafíos que esta articulación plantea.

## **2. Ciencia para la política: conocimiento experto para la toma de decisiones**

La ciencia, la tecnología y la política pueden articularse de modos diversos. Conviene para ello comenzar por realizar algunas distinciones. Ciencia y política pueden vincularse en términos generales de dos formas: como *ciencia para la política* o como *política para la ciencia*.

Cuando hablamos de *Ciencia para la política*, nos referimos al uso del conocimiento científico para la toma de decisiones en materia de políticas públicas. También se lo conoce como “asesoramiento científico” o “ciencia regulatoria”. Es un campo interdisciplinario que involucra a las ciencias naturales, la ciencia política y la psicología social, entre otros.

Un ejemplo de asesoramiento científico o ciencia regulatoria lo podemos encontrar en el uso de evidencia obtenida en toxicología para normar acerca de qué límite de exposición máximo fijar para un determinado compuesto químico. Si los resultados científicos muestran que la sustancia es peligrosa, el Estado puede prohibir o limitar su uso. También puede fijar límites distintos si se trata de público en general o personas expuestas a sustancias por motivos laborales, como sucede por ejemplo con la normativa sobre radiaciones no ionizantes (emisiones de FM, antenas de telefonía celular, etc.).

Por otra parte, como se trató en el capítulo 1, el conocimiento científico es falible. Lo que en un momento

se considera como establecido, puede luego considerarse falso o relativizarse. Esto sucedió con el dicloro difenil tricloroetano, más comúnmente conocido como DDT. Las propiedades insecticidas de este compuesto fueron descubiertas en 1939 por el científico suizo Paul Hermann Müller, por lo cual obtuvo el Premio Nobel en Fisiología y Medicina en 1948. Rápidamente se comenzó a utilizar para controlar el tifus y la malaria ya que era efectivo contra los mosquitos vectores de la enfermedad. También se distribuyó entre agricultores para control de plagas. En la década de 1960, sin embargo, a través del libro *Primavera silenciosa* de Rachel Carson, se puso de manifiesto su alta toxicidad para los seres humanos y la fauna silvestre. El libro fue un éxito de ventas y se lo considera un hito en el surgimiento del movimiento ambientalista moderno. A partir de entonces, en la mayoría de las jurisdicciones se prohibió el uso del DDT en la agricultura.

El DDT es hoy, a pesar de su potencial tóxico, uno de los más efectivos agentes químicos contra el mosquito que transmite la malaria. En base a la acumulación de mayor evidencia en cuanto a las dosis potencialmente dañinas,

se ha vuelto a ampliar su uso. En 2006 la OMS volvió a recomendar el DDT como insecticida para uso doméstico. La cuestión, sin embargo, permanece como controversial, con grupos de médicos y científicos a favor y en contra del uso del pesticida. El ejemplo muestra cómo el cambio en la evidencia científica y el aprendizaje que la investigación sostenida genera puede ir modificando las decisiones regulatorias que los gobiernos realizan en base al conocimiento disponible.

Una de las principales nociones que se utilizan en estos casos en los que hay incertidumbre involucrada, es el llamado *principio de precaución*. En la definición adoptada por la Declaración de Río en 1992, el principio sostiene que “*cuando haya peligro de daño grave o irreversible, la falta de certeza científica absoluta no deberá utilizarse como razón para postergar la adopción de medidas eficaces en función de los costos para impedir la degradación del medio ambiente.*” Es decir, que ante la sospecha de un potencial dañino debe actuarse inmediatamente, sin necesidad de esperar a tener una certeza absoluta.

### **3. Política para la ciencia: el apoyo estatal al desarrollo de capacidades científicas**

La otra forma de vincular ciencia y política es lo que puede llamarse *política para la ciencia*. Es lo que habitualmente se conoce como política científica, y es un tipo de política pública que provee recursos y facilidades desde el Estado para el avance de las actividades científicas y tecnológicas en un país o región.

La política científica surge en forma explícita luego de la Segunda Guerra Mundial en Estados Unidos y los países europeos. Esto no significa que con anterioridad no hubiera recursos públicos destinados al desarrollo de actividades científicas. En términos generales, las guerras fueron grandes motores del desarrollo científico y tecnológico, en la cual se impulsaba a las fuerzas armadas a construir herramientas innovadoras para superar al enemigo. Puntualmente, la Segunda Guerra Mundial, con la detonación de las bombas atómicas, constituyó un hito que mostró a la sociedad el gran potencial de la ciencia y la tecnología.

En 1945 se hace público en los Estados Unidos el informe *Ciencia: la frontera sin fin*, redactado por Vannevar Bush, un ingeniero que había sido el encargado de los asuntos científicos del gobierno durante la guerra. El documento propone pautas para que el desarrollo tecnológico logrado durante la guerra se reconvierta a objetivos compatibles con un escenario político pacífico. Ya no se pondrá el foco en desarrollar armamento sino en cuestiones relativas a la salud y el desarrollo industrial.

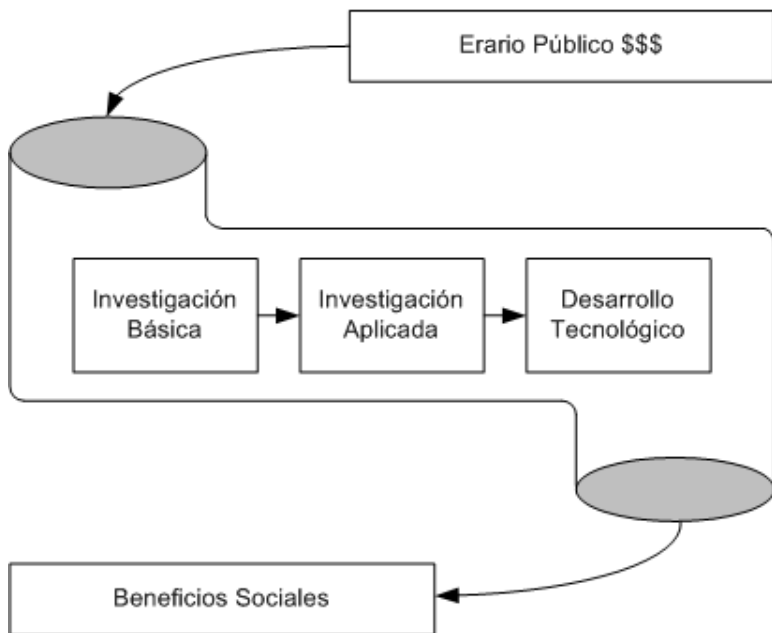
En este informe están contenidas del primer esquema conceptual desarrollado en la política científica: el “modelo lineal”, que fue introducido ya en el capítulo 2 (ver esquema 1). Éste sostenía que, para lograr los objetivos que la ciencia produzca mejoras en la vida de la población, se debe comenzar por invertir en investigaciones motivadas por la curiosidad, sin un objetivo social o económico explícito. Este tipo de actividad es lo que se conoce como “ciencia básica” o “ciencia fundamental”. El modelo sostiene que la ciencia básica llevará a investigaciones más aplicadas y finalmente al desarrollo de sistemas tecnológicos que permitan brindar soluciones a las problemáticas de salud,



empleo, vivienda, manufactura industrial, etc. Se utiliza la sigla *I+D* para referir a este proceso: las primeras dos etapas (investigación básica e investigación aplicada) conforman la “I” y el desarrollo de prototipos tecnológicos la “D”. (ver esquema 1).

El financiamiento público es crucial en la etapa de la ciencia básica, ya que se considera que es una inversión muy riesgosa para el sector privado. Los industriales podrían aumentar su participación a medida que el desarrollo se acerque a un producto o servicio concreto que pueda comercializarse.

Un último punto importante del modelo se refiere a que deja el control de la asignación de los fondos para investigación a los propios científicos, que son los que mejor podrán juzgar la seriedad de las propuestas y la factibilidad de obtener resultados de importancia.



Esquema 1. Modelo lineal de investigación y desarrollo. Elaboración propia en base a Freeman (1996)

El modelo lineal propuesto por Bush fue adoptado a partir de la década de 1950 en los países occidentales para el financiamiento de la ciencia académica, es decir, la que se realiza principalmente en las universidades. En un ámbito en el que los profesores tienen una amplia libertad para elegir sus temas de trabajo. En otras instituciones, como las ligadas a la investigación en salud o energía nuclear, este modelo no tuvo una influencia tan grande. Allí tuvo mayor influencia lo que se conoció

como gran ciencia (*big science*), que trabajaba desde el comienzo con un fin tecnológico. Es el caso por ejemplo de “la carrera espacial” entre Estados Unidos y la Unión Soviética por ser el primer país en poner un hombre en la luna.

En la década de 1980 y 1990 los aspectos ligados a la política para la tecnología y la innovación comenzaron a ocupar un lugar más central a nivel global. Se impulsaron mayores vínculos entre universidades y empresas para el desarrollo conjunto de tecnologías y se comienza a delinear una nueva forma de comprender la relación entre ciencia, tecnología y sociedad. Los científicos reciben cada vez mayores incentivos para involucrarse directamente en las actividades de aplicación y comercialización del conocimiento.

Desde los años 2000, ha cobrado mayor importancia una perspectiva crítica sobre los modelos basados en la comercialización del conocimiento. Se plantean las limitaciones de las perspectivas que ubican a la empresa como el principal destinatario de los conocimientos científicos. Se busca poner el énfasis en problemas nacionales relevantes para toda la sociedad, en generar

un desarrollo socialmente responsable de las tecnologías emergentes y en impulsar tecnologías que tengan un fuerte valor social, incluso si económicamente no son sustentables. Esta tendencia puede verse ejemplificada en los movimientos de la innovación inclusiva, innovación responsable o la ciencia abierta y colaborativa.

#### **4. Políticas de ciencia y tecnología en Argentina**

En la presente sección hacemos una revisión de la historia de las instituciones científicas y tecnológicas en nuestro país y a su vínculo con las políticas de ciencia y tecnología. Realizaremos el recorrido en cinco etapas: (1) 1880-1930, (2) 1930-1950, (3) 1950-1966, (4) 1966-1983, (5) a partir de 1983.

##### **4.1. Antecedentes a la formación del complejo institucional (1880-1930)**

En términos generales puede decirse que las actividades industriales que se desarrollaban en las décadas anteriores a 1880 tenían características artesanales y se orientaban, en gran medida, a satisfacer la demanda de productos necesarios para la guerra (Irigoin, 1984). Por

ejemplo: producción de fideos y licores; astilleros, fábricas de cal y de ladrillos, carpinterías y marmolerías; broncerías, plomerías, hojalaterías y zinguerías; fábricas de cigarros, industrias gráficas, fábricas de jabón, velas y grasas; y a fines de 1870 los viejos saladeros se convirtieron, por inversión espontánea, en modernos frigoríficos debido a la producción y comercialización de carne congelada, etc.

La década de 1880 es el mojón de iniciación de las industrias, así como el desarrollo y progreso general del país. Entre 1880 y 1890 se fundaron los primeros grandes establecimientos industriales. El sector agropecuario se expandió en los sectores de: trigo, maíz, lino, ganado lanar, y ganado vacuno. La producción de este sector generó un gran crecimiento sobre el comercio exterior argentino debido al aumento de sus exportaciones. Irigoin (1984) concluye que *"...de esta manera la economía se integró en el mercado mundial, colocando los productos en forma competitiva y aprovechando sus ventajas comparativas..."*.

El desarrollo del sector industrial en esta etapa fue el resultado espontáneo de un período de gran expansión

económica (Irigoin, 1984), ya que hubo escasas e incipientes, a veces nulas, decisiones políticas de desarrollo por parte de los gobiernos de turno.

El estallido de la guerra mundial en 1914 afectó la economía argentina debido a la baja de exportaciones y por ende se generó una retracción en materia económica. La *solución* fue implementar un modelo de sustitución de importaciones para *mantener* el desarrollo de la industria en particular y de la economía en general. Los sectores más afectados fueron: la industria textil, la industria alimentaria, la industria metalúrgica y la industria química. Es importante dejar de relieve que el proceso de implementación del modelo de sustitución de importaciones favoreció al crecimiento y la expansión del tamaño de las fábricas de todos los sectores industriales.

El Censo Industrial de 1935 reflejó que la industria argentina continuó expandiéndose a partir de 1914. Dicho censo dejó de manifiesto que los rubros químico, metalúrgico y textil habían comenzado a desarrollarse durante la década de 1920.

## **4.2. Primeras formas de organización e institucionalización vinculadas a la ciencia y la tecnología (1930-1950)**

En 1933 se crea la Asociación Argentina para el Progreso de las Ciencias (AAPC), conformada por profesionales dedicados a exclusivamente a la investigación y a la enseñanza de las ciencias en instituciones públicas. De acuerdo con Hurtado (2010), esta asociación representa la primera manifestación de grupos de científicos que reconocieron la necesidad de promover un plan de acción para influir en las esferas de gobierno. Su primer presidente fue el fisiólogo Bernardo Houssay, quien sería una de las personalidades más relevantes de la ciencia argentina en el siglo XX, galardonado con el Premio Nobel en Fisiología en 1947.

Además de los científicos reunidos en la AAPC, una novedad de la década de 1930 fue la emergencia de un grupo de militares que se interesó por el problema del acceso a la tecnología, con un sesgo marcado hacia la defensa y la autonomía económica. La figura más relevante de este grupo fue el General Manuel Savio, quien integró una generación de oficiales que

consideraban que la existencia de una industria nacional integrada era la base imprescindible para garantizar la seguridad en el país. Savio ocupó un lugar clave al frente de la Dirección General de Fabricaciones Militares (DGFM), que había sido creada en 1941 a partir de la integración de fábricas militares pequeñas y medianas organizadas durante los años treinta.

El gobierno militar que había llegado al poder en 1943 inició un marcado giro industrialista, fundamentalmente a partir de una nueva posición del Estado frente al sector industrial y de un conjunto de recursos que serían los antecedentes de las políticas públicas industriales del futuro peronismo. Entre sus objetivos podemos mencionar que procuraron: fomentar la investigación científica y estudiar el problema de los combustibles y la energía.

En 1944 se instauró la Secretaría de Industria y Comercio como organismo dependiente de la presidencia de la República. Además, en esos momentos se promulgó el primer régimen de promoción de *industrias de interés nacional*. Hurtado (2010) deja de relieve que se establecieron, por ejemplo, mecanismos para la



protección de industrias que utilizaban materias primas nacionales y se destinaban al mercado interno, además de incrementarse la participación directa del Estado en sectores industriales de base para el área de defensa, como la producción de acero, aeroplanos, automóviles y la industria química. Algunos de estos sectores requerían de conocimientos científicos avanzados, como la industria aeronáutica, que llevaron a una interacción mayor entre la industria y el sector científico.

En el inicio de este período, la actividad científica tomó cuerpo en el discurso oficial como subsidiaria del desarrollo técnico e industrial y, como correlato del interés militar por la industrialización. Se sostenía que la ciencia era un recurso que debía ser integrado al proceso político de planificación, y que debía incidir sobre los sectores estratégicos de la economía y en el “bienestar del pueblo”. La consigna *ciencia para el pueblo* fue el eje fundacional que atravesó el ciclo de las dos presidencias de Perón y le dio coherencia al núcleo ideológico que actuó de principio integrador de la ciencia y la técnica al discurso político más amplio del peronismo, que se

postulaba como representante de los intereses de los sectores populares del país.

#### **4.3. La conformación del sistema institucional de ciencia y tecnología (1950-1966)**

Las instituciones de ciencia y tecnología que conforman el sistema científico nacional fueron creadas en la década de 1950. El proceso comenzó durante el peronismo y finalizó en los gobiernos que lo sucedieron, tanto democráticos como *de facto*.

Durante el peronismo, puede mencionarse la creación del Instituto Antártico Argentino en 1951 y la creación del Centro de Investigaciones Científicas y Técnicas de las Fuerzas Armadas (CITEFA) en 1954. El 31 de mayo de 1950 se firmó el decreto que dio origen a la Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA). Luego del derrocamiento de Perón, continuó la creación de instituciones. En diciembre de 1956 se crea el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), a partir de las estaciones experimentales que poseía la Secretaría de Agricultura y Ganadería. En los hechos, el INTA comenzó a funcionar en 1957. En el decreto-ley de su

creación se mencionaban los objetivos de desarrollar investigaciones relacionadas con los recursos naturales y con la técnica de producción y de asistencia educacional técnica y cultural del productor rural y su familia. En diciembre de 1957, se creó el Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI). Su creación debía responder a la solicitud de empresas, universidades o dependencias del Estado, y los interesados debían asegurar los aportes financieros para mantener el centro en funcionamiento.

Una comisión especial integrada por científicos notables como Bernardo Houssay, Eduardo Braun Menéndez, Venancio Deulofeu, el químico Abel Sánchez Díaz y Ernesto Galloni entregó un anteproyecto de decreto en junio de 1957 en Casa de Gobierno. Este proceso derivó en la creación, en febrero de 1958, del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), como ente autárquico dependiente directamente del Poder Ejecutivo. El objetivo de esta institución era fortalecer la investigación en los espacios académicos. Se propuso que la investigación tuviera un papel más importante en las universidades, que estaban hasta ese momento más concentradas en la docencia.

#### **4.4. Interrupciones, contramarchas y proyectos inconclusos (1966-1983)**

En 1966 el gobierno de facto de turno sancionó el decreto-ley 16.912, que ponía fin a la autonomía universitaria, explicitaba su intención de *eliminar las causas de acción subversiva* en las casas de estudios y obligaba a los rectores y decanos de las universidades nacionales a asumir como interventores. Esta intervención, que derivó en el episodio conocido como *La noche de los bastones largos*, tuvo como resultado la renuncia de alrededor de 1.380 docentes e investigadores en la UBA. En 1969 en las universidades del Nordeste y Rosario hubo enfrentamientos con la policía que dejaron víctimas fatales. Ese mismo año hubo un importante levantamiento de obreros y estudiantes en la provincia de Córdoba que no tenía precedentes en la historia argentina en las últimas décadas y con insoslayables resultados; a ese levantamiento se lo conoce como *Cordobazo*. En estos momentos, el caos se apoderaba del país, fundamentalmente por las reiteradas huelgas, los alzamientos populares y la protesta estudiantil. La

creciente escalada de violencia llevó a la destitución del gobierno de turno en junio de 1970.

Durante el breve período de retorno a la democracia en 1973, en instituciones como el INTI y el INTA se incorporó un pensamiento que se proponía actualizar las ideas del peronismo. En el INTI se buscó intensificar la colaboración con las grandes empresas estatales y la prestación de servicios a las pequeñas y medianas empresas.

En la Secretaría de Ciencia y Tecnología se creó, en 1973, una estructura administrativa para impulsar los llamados *Programas Nacionales* con el objetivo de orientar la investigación hacia temas aplicados y problemas tecnológicos, además de definir prioridades vinculadas a las necesidades del desarrollo económico y regional. Cuatro programas fueron creados: en Alimentos, Enfermedades endémicas, Electrónica y Vivienda.

Como ejemplo de la concreta actividad programática que se inició con el retorno del peronismo en 1973, puede citarse el documento titulado *Política Nacional de Computación*, elaborado por un grupo de profesores e

investigadores que se reunieron ese año en la Universidad Nacional del Sur.

A partir del golpe de estado de 1976, la dictadura militar que se extendió hasta 1983 fue devastadora para el país en general, y las instituciones de ciencia y tecnología no estuvieron ajenas a todo lo ocurrido. La estrategia de control del Estado a través de la represión y la censura tuvo como resultado inmediato *un cierre virtual* de la esfera pública. La mayor parte de las universidades e institutos de investigación padecieron las consecuencias nefastas del terrorismo de Estado. Como resultado, muchos científicos e ingenieros abandonaron el país, mientras que otros fueron a prisión o figuran hoy en las listas de *desaparecidos*.

En el plano educativo, las universidades fueron puestas bajo el control militar. Interventores militares reemplazaron a los rectores en la mayor parte de las universidades estatales. Durante los primeros meses de gobierno autoritario, por lo menos 3.000 profesores, personal administrativo y estudiantes fueron expulsados por razones políticas y muchos otros renunciaron. En el CONICET se produjo la cesantía de casi un centenar de

investigadores por razones ideológicas. Muchos profesores fueron arrestados como parte de las *acciones antisubversivas*.

#### **4.5. Ciencia y tecnología desde la recuperación democrática (1983-2015)**

En 1983, como parte del proceso de retorno a la democracia, la UCR realizó un Encuentro Nacional de ciencia y tecnología. En el discurso de inauguración del evento el presidente electo Raúl Alfonsín habló de la necesidad de una planificación adecuada que asegurase la conexión y realimentación entre el sistema científico-tecnológico y el aparato productivo y la necesidad de crear una Secretaría de Estado de Ciencia y Técnica dependiendo del Presidente de la Nación.

En este período democrático se creó la Secretaría de Ciencia y Técnica (SECyT), como dependencia del Ministerio de Educación y Justicia. Al frente de la SECyT fue nombrado el matemático Manuel Sadosky, representante del grupo de científicos que había sido desplazado en 1966. El CONICET, bajo la presidencia de Carlos Abeledo, asumió como objetivo prioritario la

reconstrucción de los vínculos con las universidades nacionales, que habían sido muy debilitados durante la dictadura y abrir la institución a los científicos que volvían del exilio.

La política económica del gobierno impactó en el INTI; esto se observó en constantes conflictos laborales. En el caso del sector agropecuario, el INTA amplió sus intereses. Enfocándose también en acompañar al proceso de industrialización del campo.

A pesar de las fuertes presiones internacionales, el gobierno de Alfonsín intentó dar continuidad al programa nuclear y al desarrollo de la tecnología misilístico-espacial. Pero las limitaciones presupuestarias fueron conduciendo al plan nuclear a una creciente paralización. Si bien los objetivos principales impulsados por la SECyT no se cumplieron, muchos de los recursos diseñados e implementados, y la experiencia acumulada en este período fueron insumos necesarios para pensar las políticas de las décadas siguientes.

La situación económica en 1989 desembocó en un proceso hiperinflacionario que llevó a la renuncia de Alfonsín luego de realizadas las elecciones. La llegada de



Carlos Menem de manera anticipada dio pie a medidas políticas neoliberales iniciadas por la última dictadura, con un sesgo marcado hacia el achicamiento del Estado.

El gobierno de Menem emprendió una reforma estructural y profunda, fundada en la apertura de la economía, la desregulación de los mercados, la privatización de las principales empresas públicas y la concesión de los servicios públicos. La necesidad de ahorro fiscal repercutió, en el área de ciencia y tecnología, en la reducción del tamaño de las instituciones, tanto de sus recursos materiales como de su personal. De este período, sin embargo, pueden rescatarse algunas iniciativas, como la sanción de la ley de Promoción y Fomento de la Innovación Tecnológica en 1990. Esta ley proponía impulsar la conexión entre las actividades productivas y comerciales con los laboratorios públicos de investigación y desarrollo, facilitando aspectos económicos y administrativos.

Por otra parte, en mayo de 1991 se anunció la creación de la Comisión Nacional de Actividades Espaciales (CONAE). El nuevo organismo quedaría a cargo de todos los emprendimientos en materia espacial con fines

pacíficos y estaría bajo control presidencial y parlamentario. La intención era crear una agencia espacial con las características de una agencia civil (Hurtado, 2010).

La modificación en la institucionalidad del sector más importante durante el menemismo, se dio en 1996 a través de la creación de la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica (ANPCyT). La creación de esta agencia respondía a la necesidad de contar con un organismo dedicado exclusivamente al financiamiento de la ciencia, sin instituciones propias de ejecución de actividades de investigación y desarrollo.

A partir del año 2003 se comenzó un nuevo ciclo de crecimiento en el área científica y tecnológica. En esta materia, las principales medidas políticas tendieron a la recuperación del sector industrial, y a fortalecer las actividades de investigación y desarrollo. Se ampliaron los recursos humanos en ciencia y tecnología a través de una incorporación de gran cantidad de investigadores, tanto residentes en el país como en el exterior, y se formaron muchos recursos calificados a través del sistema de becas.

En el período de gobiernos kirchneristas, que culminó en 2015, a través de fuertes inversiones públicas se reactivaron también áreas estratégicas como el desarrollo nuclear y satelital, y se ampliaron las capacidades y actividades de INTI e INTA. Sin embargo, no se llegó a dar respuesta a problemas estructurales ligados a desarticulaciones entre oferta y demanda de conocimientos y a los volúmenes de inversión privada en las actividades de desarrollo tecnológico e innovación, que se sitúa muy por debajo del promedio de los países desarrollados.

## **5. Vinculación universidad, empresa e industria**

En las secciones previas hemos desarrollado las características históricas de las políticas científicas, primero a nivel global y luego en la Argentina. En esta sección final, mencionaremos algunos conceptos que permiten analizar las trayectorias estudiadas y ayudar a comprender estas dinámicas. En primer lugar, presentaremos las “cuatro culturas políticas” propuestas por Elzinga y Jamison. Este concepto permite visualizar las dificultades de comunicación entre actores que

proviene de “mundos distintos” (el gobierno, la universidad, la industria) y que tienen que interactuar en el campo de la política científica. En segundo lugar, presentamos el triángulo de Sabato, un modelo que permite comprender los desafíos para implementar en América Latina políticas de asociación entre universidades y empresas. Finalmente, damos algunos ejemplos de empresas tecnológicas innovadoras en nuestro país.

Para comprender mejor esto, recuperamos el aporte acerca de las cuatro culturas políticas que pueden explicar las tensiones que tienen lugar en la política científica y tecnológica (Dickson en Elzinga y Jamison, 1996):

- *Cultura académica*: predominante en las universidades, asociada a la libertad de investigación y la ciencia básica.
- *Cultura burocrática*: centrada en la planificación de las actividades de ciencia y tecnología y preocupada el uso social de la ciencia, más extendida en los ámbitos de gobierno.

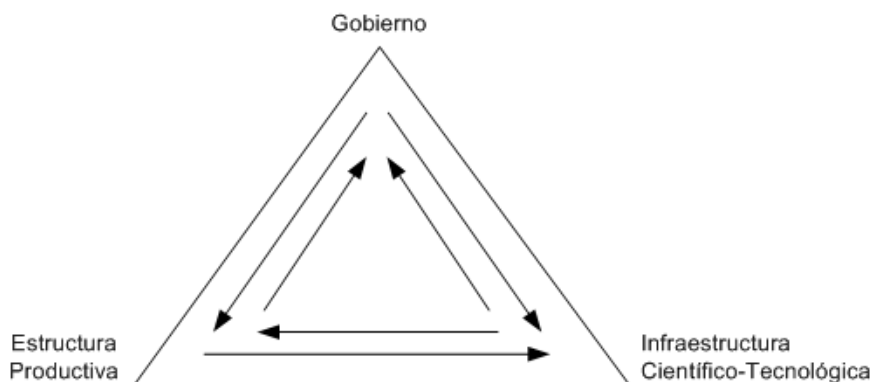
- *Cultura económica*: interesada en los réditos comerciales que pueda dar el desarrollo tecnológico, expresa la racionalidad de los empresarios innovadores.
- *Cultura cívica*: preocupada por los riesgos de las nuevas tecnologías y las transformaciones sociales y ambientales que pueden tener lugar.

En el caso de los vínculos entre universidades y empresas, se produce una tensión entre la cultura académica y la cultura económica. En las universidades, predomina la visión de la “ciencia pública”, es decir, la concepción de que el conocimiento que se produce debe ser de libre disponibilidad y no estar sujeto a restricciones comerciales. Por el contrario, desde los empresarios y la cultura económica, el conocimiento generado se ve como un bien intangible que posee un valor de mercado, y que debe ser protegido. De acuerdo con esta última perspectiva, la universidad debe involucrarse en la protección del conocimiento a través de patentes y otros mecanismos legales.

Para los representantes de la cultura académica, estas tendencias son vistas como un proceso de

mercantilización de la universidad, que debe ser resistido. Es necesario aclarar que no todos los académicos comparten esa visión. Esta visión es más fuerte en las áreas de ciencias básicas. En el caso de las ingenierías, con un vínculo histórico más fluido con la industria, los vínculos con las empresas se encuentran dentro de lo deseado y esperado.

En la región latinoamericana, ya desde la década de 1960 comenzaron a plantearse modelos para fomentar las vinculaciones entre universidad e industria. Jorge Sabato, un físico argentino especializado en metalurgia, plasmó sus ideas sobre este punto en el esquema que se conoce como triángulo IGE o “triángulo de Sabato”.



Esquema 2. Triángulo de Sábato. Fuente: Sábato y Botana (1968).

La denominación IGE deriva del nombre de sus vértices: Infraestructura científico-tecnológica (universidades y centros de investigación), Gobierno y Estructura productiva (empresas públicas y privadas). De acuerdo con el autor, mientras el Gobierno cumple el rol de diseñar las políticas tecnológicas, la estructura productiva es la que demanda nuevas tecnologías, para lo cual requiere el conocimiento que le brinda la infraestructura científica.

Sábato utiliza su modelo como herramienta de diagnóstico del estado del desarrollo tecnológico en el país. Señala que en Argentina son débiles tanto las interrelaciones -relaciones entre los distintos vértices- como las intrarrelaciones -relaciones entre instituciones pertenecientes al mismo vértice-. Particularmente poco dinámica es la relación entre las instituciones científicas y las empresas. Para generar mayores interacciones, desde la CNEA Sábato creó en 1961 el SATI – Servicio de Asistencia Técnica a la Industria-, que impulsó al sector metalúrgico a transformarse en proveedor de la incipiente industria nuclear.

Estas iniciativas, sin embargo, no pudieron mitigar el problema estructural de la falta de demanda de conocimientos por parte del sector productivo. Es decir, por más que haya investigadores que en principio estarían dispuestos a vincularse con el sector empresarial, los industriales no se acercan a la universidad en busca de conocimiento. Esto obedece en buena medida a las características del sector productivo local, en el cual el porcentaje de empresas innovadoras es muy bajo. Esta situación no es exclusiva de Argentina, sino que se repite en la mayoría de los países de América Latina.

Para concluir podemos citar algunas experiencias industriales altamente innovadoras que dan testimonio que Argentina tiene capacidades científico-tecnológicas para realizar innovaciones sustantivas en una variedad de sectores.





*Microcifra: la calculadora argentina fabricada por FATE Electrónica.*

<p><i>Techint</i> Milán, 1945</p>	<p>Grupo empresario ítalo-argentino dedicado a la producción de acero. Su subsidiaria <i>Tenaris</i> ha innovado en el campo de los “tubos sin costura”, transformándose en un proveedor líder a nivel mundial para la industria energética. Cuenta con centros de investigación y desarrollo en Argentina, Italia, EE.UU., Japón y México.</p>
<p><i>Fate Electrónica</i> Buenos Aires, 1969</p>	<p>División de la fábrica de neumáticos FATE creó una división electrónica especializada en el desarrollo de calculadoras, que se diseñaban y fabricaban íntegramente en el país. La empresa absorbió investigadores académicos que habían quedado fuera de la universidad luego de la “noche de los bastones largos” en 1966. Además, <i>FATE Electrónica</i> llegó a comercializar la microcomputadora llamada Sistema 75 y a construir el prototipo de una computadora de tamaño medio llamada Serie 1000.</p>
<p><i>Cicaré</i> Saladillo, 1972</p>	<p>Empresa argentina dedicada a la producción de helicópteros, tiene su sede en la localidad de Saladillo, provincia de Buenos Aires. Ha desarrollado numerosas aeronaves para la Fuerza Aérea y el Ejército Argentino.</p>

<p><i>INVAP</i> Bariloche, 1976</p>	<p>Empresa pública propiedad de la provincia de Río Negro surgida como desprendimiento de la Comisión Nacional de Energía Atómica. Se especializa en el desarrollo de tecnología de alta complejidad en el campo nuclear y satelital. Ha construido reactores nucleares en Argentina, Australia y Egipto, y participado en el desarrollo de la serie de satélites <i>ARSAT</i>.</p>
<p><i>Insud</i> Buenos Aires, 1977</p>	<p>Líder argentino en innovación en el sector salud. A través de sus subsidiarias <i>Chemo</i> y <i>Biogénesis Bagó</i> ha desarrollado productos farmacéuticos innovadores para la salud humana y animal. Tiene amplia vinculación con universidades nacionales y el CONICET.</p>
<p><i>Mercado Libre</i> Buenos Aires, 1999</p>	<p>Es la empresa argentina de mayor capitalización, superando a YPF. Se dedica al comercio electrónico y ha ampliado sus operaciones al sector financiero con plataformas de pago y microcréditos. Cotiza en la bolsa de Nueva York y forma parte del índice NASDAQ100.</p>
<p><i>Despegar</i> Buenos Aires, 1999</p>	<p>Especializada en el sector de comercio electrónico y turismo, es una de las empresas líderes en el sector de tecnologías de la información. Fundada en Buenos Aires en 1999, hoy tiene operaciones en más de 20 países. En 2017 comenzó a cotizar en la bolsa de Nueva York.</p>
<p><i>Bioceres</i> Rosario, 2001</p>	<p>Se especializa en el campo de la biotecnología agraria desarrollando semillas y agroquímicos (fertilizantes, pesticidas) en asociación con universidades y el CONICET.</p>
<p><i>Globant</i> Buenos Aires / La Plata, 2003</p>	<p>Surgió con foco en la venta de productos y servicios en IT a clientes del exterior, fue aumentando rápidamente su volumen de negocio, superó el modelo de <i>software factory</i> y hoy desarrolla productos para empresas de primer nivel mundial.</p>

## 6. A modo de cierre

A lo largo del capítulo repasamos el vínculo entre ciencia y política. Primero mencionamos la importancia de pensar el papel de la evidencia científica en las diferentes políticas públicas. En los tiempos actuales de la pandemia de coronavirus, esto es especialmente relevante. Después, revisamos la trayectoria de la política científica a nivel global y a través de la historia de las instituciones científicas argentinas. La línea del tiempo que presentamos al final del capítulo busca orientarlos en las distintas etapas históricas. En la parte superior están los hitos políticos y económicos de cada etapa y en la parte inferior los específicos del campo científico y tecnológico. En el cierre del capítulo, introducimos algunos conceptos como el de *culturas políticas* y el *triángulo de Sábato*, que pueden servir como herramientas para reflexionar sobre las oportunidades de nuestro país en la investigación científica, el desarrollo tecnológico y la innovación.

## 7. Referencias bibliográficas

- Elzinga, A., y A. Jamison (1996). *El cambio de las agendas políticas en ciencia y tecnología*. Zona Abierta, 75/76.
- Freeman, C. The greening of technology and models of innovation. *Technological Forecasting and Social Change*. 53, 27-39.
- Hurtado, D. (2010). *La ciencia argentina. Un proyecto inconcluso*. Buenos Aires, Edhasa.
- Irigoin, A.M. (1984). *La Evolución Industrial en la Argentina (1870-1940)*. Libertas (ESEADE), Buenos Aires. Número 1, octubre.
- Sabato, J. y Botana, N. (1968). *La ciencia y la tecnología en el desarrollo futuro de América Latina*. Revista de la integración, nro. 3, 15-36.
- Velho, L. (2011). Conceitos de Ciência e a Política Científica, Tecnológica e de Inovação. *Sociologias*, 26, 128-153.

