

CIENCIA

Noción, origen,
paradigmas y encuadre
social

INGENIERÍA Y SOCIEDAD

Cátedras II y III

DIRECTORAS DE CÁTEDRAS:
MILENA RAMALLO Y ÉLIDA REPETTO

CIENCIA
Noción, origen, paradigmas y
encuadre social

Gustavo Carlos Bitocchi

ÍNDICE

	<i>Página</i>
Planteo inicial	4
1. Introducción	4
2. El conocimiento y la ciencia.....	5
2.1. El conocimiento científico	5
2.2. Las características de la ciencia moderna	7
2.3. La clasificación de las ciencias	9
2.4. La auxiliariedad de las ciencias formales	12
2.5. El método científico	12
3. El surgimiento de la ciencia moderna	15
3.1. La división de la Historia	15
3.2. La Revolución Científica	17
3.3. El Geocentrismo y el Heliocentrismo	19
3.4. La nueva ciencia y el diálogo experimental	21
4. La comunidad científica	22
5. La estructura social de la ciencia	24
5.1. La ciencia colectivizada	25
6. Conclusión	25
7. Referencias bibliográficas	26

CIENCIA

Noción, origen, paradigmas y encuadre social

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*¹, que significa *ciencia*, y *logía*, *razón* o *estudio de*. Es decir, etimológicamente la Epistemología significa *estudio o tratado sobre la ciencia*.²

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

¹ *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.

² 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.

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*³. 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 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

³ 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.*

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 Bunge⁴. 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*⁵.

⁴ 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.

⁵ 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 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.

“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 comfortable. 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 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”⁶ 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 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.

⁶ 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.

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
LA NOCIÓN AMPLIA	<p><i>La ciencia es un conjunto de conocimientos metódicamente adquiridos y sistemáticamente organizados.</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Conjunto de conocimientos ▪ Metódicamente adquiridos ▪ Sistemáticamente organizados
LA NOCIÓN CONTEMPORÁ-NEA	<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"> ▪ Conocimiento ▪ Racional (o lógico) ▪ Sistemático ▪ Exacto ▪ Verificable ▪ Falible (o contingente)

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.

CIENCIA (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.

CIENCIA (ANTIGUA CLASIFICACIÓN)	CIENCIAS EXACTAS	CIENCIAS FORMALES
		CIENCIAS FÁCTICAS NATURALES
	HUMANIDADES	CIENCIAS FÁCTICAS SOCIALES

2.4. La auxiliariidad 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*⁷, es decir, 1º) *metá* = *por medio de*, y 2º) *hodós* = *camino*⁸. 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, 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 entretajan⁹ en torno al hecho a investigar. Lo que sigue es una estructuración básica del método hipotético-deductivo¹⁰:

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

⁷ 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.

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

⁹ *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 *entreteter*.

¹⁰ 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.

del problema da inicio a la investigación¹¹ 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 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 provisoria 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 contrastar¹² 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 contrastar no se verifica la hipótesis entonces ésta queda *falsada*¹³ o *refutada*.

¹¹ 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*.

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

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

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 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 Edades¹. 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 CONTEMPORÁNEA
Se inicia, para algunos, hacia el siglo VIII antes del Cristo y culmina con la caída del Imperio Romano de Occidente en el 476 después de Cristo cuando Roma, en	Comienza en 476 y finaliza con la caída del Imperio Romano de Oriente (o Imperio Bizantino) en 1453 cuando la ciudad de Bizancio (o	Comienza en 1453 y finaliza con la toma del fuerte de la Bastilla por parte de los revolucionarios en 1789, en París,	Comienza en 1789 y llega hasta nuestros días.

la actual Italia, es tomada por Odoacro, el jefe de las tribus germánicas..	Constantinopla), en la actual Turquía, cae en manos de Mehmet, el jefe de los turcos otomanos.	Francia.	
		1453-1945	1945- ACTUALIDAD
		EDAD MODERNA O MODERNIDAD	EDAD POSMODERNA O POSMODERNIDAD

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 <i>ciencia</i> 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 Florencia¹⁴. 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 Júpiter (Ío, Europa, y Calisto y más tarde descubre un cuarto, Ganimedes)¹⁵. 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

¹⁴ 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.

¹⁵ 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*”).

claramente a un *nuevo modo* de concebir la ciencia. Conviene ver en qué consisten estos dos modelos.

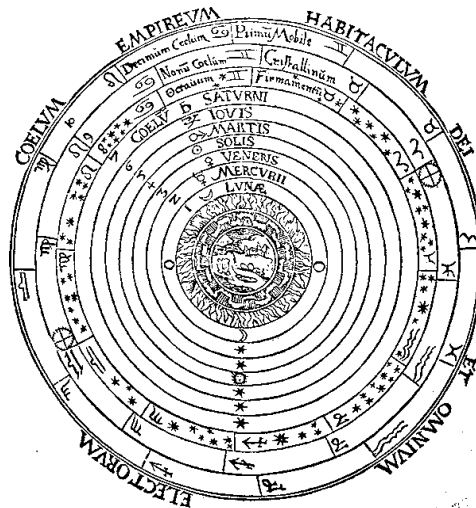
3.3. El Geocentrismo y el Heliocentrismo

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 heliocéntrico¹⁶.

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 (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.

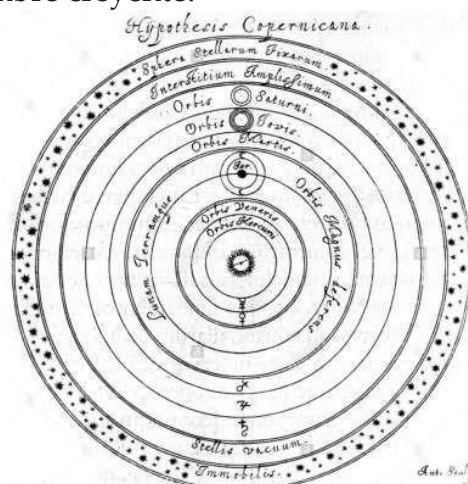
¹⁶ *Mundo* no es sinónimo de planeta *Tierra*, aunque frecuentemente se lo entienda de este modo. El término *mundo* proviene del latín *mundus* y éste es la interpretación del término griego *cosmos*. Para los griegos *cosmos* es un *todo bellamente ordenado* y así lo entendió también el latín al interpretarlo como *mundus*. De aquí palabras de uso habitual como *inmundo* 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*.



Teoría Geocéntrica. Dice en latín “COELUM EMPIREVM HABITACULUM DEI ET OMNIUM ELECTORVM” 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 dialogo experimental

El *nuevo modo* de concebir la ciencia se la denomina frecuentemente como *el diálogo experimental*¹⁷. 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.

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.¹⁸ Si la naturaleza está escrita en caracteres matemáticos entonces hay que saber

¹⁷ 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.

¹⁸ “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.

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 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 provisionarias 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.

EL NUEVO MODO DE ENTENDER LA CIENCIA: EL DIÁLOGO EXPERIMENTAL		
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.

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.