**Introducción al Pensamiento Científico**

**Capítulo 5 – Las Ciencias Formales**

**Introducción**

Las ciencias se dividen en **fácticas** (experiencia: física o química) y **formales** (operación lógica: matemática y lógica). Las formales utilizan el **método axiomático.** A partir del siglo XIX, surge un nuevo modo de conceptualizar los componentes de los sistemas axiomáticos: los términos, proposiciones, razonamientos, y sobre todo el requisito de “evidencia” para los axiomas que es dejado de lado por la concepción contemporánea.

La matemática y la lógica son **sistemas deductivos** que utilizan **proposiciones que se siguen de otras** (**axiomas**). Los axiomas pueden expresarse por sistemas puramente formales (conjunto de proposiciones que indican un punto de partida para llegar a teoremas a través de la demostración). Los axiomas están formados por **términos primitivos**. Tienen que ser independientes y consistentes, y no pueden deducirse de otros. Por ejemplo, un axioma (principio lógico-aritmético) podría ser: *“cosas iguales a la misma cosa son iguales entre sí”.*

En la matemática griega, las premisas de la argumentación recibían el nombre de “**axiomas**” (carácter general), “hipótesis” o “**postulados**” (puntos de partida específicos de cada ciencia). Todos son considerados verdades evidentes que no tienen ni necesitan demostración.

Aristóteles sostenía que toda ciencia debía construirse sobre la base de principios que no requieren demostración, y que por lo tanto la ciencia está compuesta por dos tipos de afirmaciones: **principios** (que no se demuestran: **verdades autoevidentes**), también llamados axiomas; y **teoremas** (demostrados por inferencia deductiva), también llamados proposiciones o enunciados.

**La concepción clásica de las ciencias formales**

Aristóteles destaca tres supuestos fundamentales de la ciencia demostrativa: el **de deducibilidad** (la ciencia demostrativa debe partir de ciertos principios indefinibles pero también de los axiomas para demostrar otras verdades), el **de la evidencia** (los axiomas deben aceptarse como verdaderos sin demostración y sin definición ya que éstas últimas siempre son verdaderas) y el **de la realidad** (la ciencia es siempre ciencia de la realidad).

**Demostración y sistemas axiomáticos**

* **Sistema formal**: Conjunto de signos, reglas de cómo combinar esos signos, reglas de transformación (inferencia) y cómo llegar a más fórmulas con las que ya tenemos.
* **Método axiomático:** Cuando todos los conocimientos que poseemos o que vamos adquiriendo al respecto se organizan en la forma de una teoría axiomática.
* **Sistema axiomático**: Conjunto de afirmaciones en las cuales se distingue una lista de enunciados (axiomas) con la propiedad de que toda afirmación perteneciente a ese conjunto es una consecuencia lógica de uno o más de uno de los axiomas. Sea o no sea formal, ese conjunto de axiomas o teoremas se demuestran con la aplicación de reglas de razonamientos. Podemos dividirlos en dos partes: su forma y su contenido. El objetivo de un sistema axiomático es la demostración de las teorías de las ciencias formales a partir de la menor cantidad de axiomas posibles. Así, un sistema axiomático cuenta con:
  + Lenguaje: Términos primitivos y/o definidos.
  + Proposiciones o fórmulas: Axiomas o teoremas
  + Reglas: De formación de fórmulas bien formadas (fbf) y de transformación de fórmulas (r. lógicas)
  + Demostraciones
* **Demostración**: Prueba lógica que no dice nada acerca de la realidad ya que en las ciencias formales la verdad de las proposiciones no se demuestra por ningún método empírico. Conjunto finito de enunciados donde cada uno de ellos es un axioma o una consecuencia lógica de otros enunciados anteriores. No supone experiencia y no afirma verdadero o falso. Es sólo el señalamiento de las implicancias entre un conjunto de proposiciones y otro. Así, obtengo de más proposiciones otras distintas y de los axiomas obtengo teoremas. Las derivaciones de teoremas desde los axiomas se realizan mediante la utilización de reglas lógicas o de transformación (razonamientos deductivos). Estas reglas nos van a permitir transformar un conjunto de proposiciones (o fórmulas) en otras. Por ejemplo:

**Regla de transformación**: Modus Ponens

p 🡪 q **Axioma** 1 (condicional)

p **Axioma** 2 (afirmación de p)

----------

q **Teorema** del sistema (conclusión: punto de llegada)

* **Fórmulas:** Proposiciones de las ciencias formales, ya sean axiomas o teoremas.
* **Términos:** Unidades más básicas de enunciación, que pueden tener significado (términos definidos/derivados) o no (términos primitivos).
* **Reglas de formación de fórmulas:** Utilizadas para formar proposiciones en las ciencias formales.
* **Teorema:** Último paso de una demostración. Todo axioma es un teorema, pero no todo teorema es axioma.

**Propiedades de los sistemas axiomáticos**

En principio, qué sistema se elija es una cuestión de conveniencia. Los sistemas axiomáticos cuentan con propiedades que pueden o no cumplir, pero que es deseable que lo hagan. Éstas son:

* **Consistencia**
  + Propiedad del sistema (es la más importante)
  + Un sistema axiomático formal (SAF) “S” es consistente si y sólo si, no existe en “S” una fbf j tal que j y –j sean ambas teoremas en “S”.
  + Un sistema es consistente si no es contradictorio. Es decir, si no puede probarse A y –A en el sistema.
  + Un sistema es consistente si, desde los axiomas, no se puede derivar una fórmula y su negación.
  + Que no podamos probar la inconsistencia de un sistema no significa que entonces sea consistente.
  + La consistencia me asegura que se dejan afuera todas las falsedades del sistema.
* **Completud**
  + Propiedad del sistema
  + Un SAF “S” es completo si para cada fbf j, o bien j es un teorema o bien –j es teorema en “S”.
  + La relación entre completud y consistencia me dice que si un SAF “S” es completo, entonces en inconsistente. Existen afirmaciones verdaderas (teoremas) que no pueden ser probados dentro del sistema justamente por esta relación.
  + Todo sistema formal es incompleto porque de esa forma no es contradictorio.
  + Un sistema de axiomas es completo o íntegro cuando de dos proposiciones formuladas, con ayuda exclusiva de expresiones de ésta y de las disciplinas precedentes y contradictorias entre sí, al menos una de ambas pueda demostrarse.
  + La completud del sistema permite derivar de los axiomas todas las leyes del sistema.
  + La completud me asegura que se recogen todas las verdades dentro del sistema.
* **Independencia**
  + Propiedad del axioma y de los términos primitivos
  + Los axiomas de un SAF “S” son independientes sólo si ninguno de ellos es deducible de los restantes.
  + Un axioma dependiente es consecuencia lógica de otros, y como podría haberse inferido como teorema, está de más o es redundante, y por lo tanto se puede derivar directamente como teorema.
  + Los términos primitivos de un SAF “S” son independientes si y sólo si, ninguno de ellos es definible mediante los demás primitivos de “S”.

**Interpretación y modelo de los sistemas axiomáticos**

Para que un sistema axiomático pueda ser interpretado, debemos decir qué significan los términos primitivos de él y cómo interpretar sus combinaciones. Una vez dada la interpretación, hay que ver qué pasa con la verdad y falsedad de los axiomas. Si con la interpretación dada, todos los axiomas del sistema resultan verdaderos, tenemos una **interpretación adecuada** o **modelo**. La consecuencia es que los teoremas derivados serán todos verdaderos.

Desde el punto de vista puramente lógico, una **demostración** (una de las utilizaciones de un sistema axiomático) puede verse como un argumento cuyas premisas son los axiomas, y la conclusión, la conjunción de todos los teoremas deducidos. Esta cuestión lógica tiene que ver con la validez de la inferencia y no a la verdad o falsedad empírica de sus proposiciones. A diferencia de las proposiciones de las ciencias fácticas, sólo los “vacíos” teoremas deducidos de los axiomas son verdaderos porque no dicen nada nuevo del mundo.

Si tomamos un sistema axiomático exclusivamente como un sistema formal, no sabemos de qué estamos hablando porque son simples reglas y símbolos. En cambio, si a eso le añadimos significación, el sistema axiomático ya nos dice algo de la realidad y podemos interpretarlo.

**Capítulo 6 – Las Ciencias Fácticas**

**Introducción**

El nacimiento de la ciencia moderna fija sus bases en el debate sobre el “conocimiento verdadero”, y la razón como su fuente. El ideal metodológico de la modernidad estará compuesto por la experimentación, la observación y la matematización. Este cambio (Revolución Científica) llevó a interpretar la naturaleza en términos de regularidades y leyes universales. Las características de la noción moderna de conocimiento científico son: la fundamentación, la sistematicidad, la capacidad explicativa y predictiva de la realidad, su carácter crítico, neutral y objetivo; y la unicidad del saber.

**El positivismo del siglo XIX en discusión**

Las ciencias fácticas o empíricas son aquellas cuyo objeto de estudio son los hechos o la experiencia. El método, modelo en las ciencias fácticas, es el de las ciencias naturales.

El **pluralismo metodológico** y **antipositivismo** (siglos XIX y XX) es una corriente que rechaza el **monismo** (único método para todas las ciencias) y se rehúsa a establecer como patrón metodológico a las ciencias naturales como ideal regulador único de la comprensión racional de la realidad. Sin embargo, no se pretende descartar la posibilidad de compartir un horizonte teórico común entre todas las ciencias. Esta corriente suele ser llamada **hermenéutica**, porque exige una dimensión de interpretación.

Desde el punto de vista antipositivista hay una menor heterogeneidad de criterios para definir el alcance del objeto de estudio de las ciencias fácticas y en particular, de las sociales. El criterio que distingue entre ciencias naturales y sociales es menos firme que el que diferencia a las ciencias formales y a las fácticas, ya que a menudo no hay acuerdo acerca de dónde ubicar la línea divisoria, lo que también afecta a las consideraciones sobre los métodos a emplear. Se distinguen dos tipos de ciencias, dependiendo de si la construcción teórica es intrínsecamente del mismo tipo. Ellas son:

* **Ciencias naturales (nomotéticas)**
  + **Naturaleza**: conjunto de la realidad que no ha sido modificado por el hombre. Se la puede estudiar desde una perspectiva inorgánica (física) u orgánica (biología)
  + Encargadas de establecer principios o leyes generales acerca de fenómenos recurrentes (generalizaciones sobre fenómenos reproducibles)
* **Ciencias sociales (ideográficas)**
  + **Cultura:** parte de la realidad creada y modificada por el hombre)
  + Tratan de comprender un hecho único e irrepetible (peculiaridades individuales y únicas)

**La epistemología contemporánea**

Pueden considerarse tres grandes corrientes: la alemana, francesa y anglosajona, la cual ha prevalecido en la filosofía de la ciencia del siglo XX. Además la epistemología contemporánea anglosajona puede dividirse en tres:

* **Empirismo/positivismo lógico/neopositivismo 🡪 Concepción Heredada (pág. 3 )**
* **Racionalismo crítico (pág. 10 )**
* **Postempirismo (pág. 14 )**

**Empirismo/positivismo lógico/neopositivismo**

También llamado “Concepción Heredada”, expresión que se utiliza, fundamentalmente, para hacer referencia al positivismo lógico que, en buena medida, abordamos en nuestros materiales de estudio, desde la perspectiva del filósofo alemán Rudolf Carnap, quien fue uno de los máximos animadores del Círculo de Viena. Carnap adhirió, inicialmente, a la metodología inductivista clásica pero fue derivando luego hacia posiciones cercanas a la versión confirmacionista del hipotético-deductivismo. Desde posiciones críticas al positivismo lógico, se califica al mismo de “cientificismo”, debido a la identificación que hace esta corriente entre los problemas del conocimiento y los problemas de la ciencia. Los pensadores del Círculo de Viena recogen la herencia empirista y racionalista y, fundamentalmente, la filosofía positivista del siglo XIX, integrándolas con los importantes desarrollos de la lógica simbólica de principios del siglo XX. De allí proceden los nombres de positivismo lógico y empirismo lógico. En el estudio del positivismo lógico, acentuamos su obsesión por la búsqueda de un **método eficaz** para evitar la introducción de entidades metafísicas en las ciencias y la necesidad de constituir una ciencia unificada que aproveche los significativos logros de la física y la biología, una ciencia empírica legitimada por confirmaciones inductivas mediante la observación y la experimentación (fisicalismo). En función de esta búsqueda los positivistas lógicos clasifican a las proposiciones en **significativas** y **no significativas**, las que tienen sentido y las que carecen de él. Para estos autores, ellos, sólo las significativas han de formar parte del cuerpo de conocimientos de este modelo de ciencia, a saber, las proposiciones formales y las que son, en principio, verificables empíricamente. Las proposiciones metafísicas serían pseudo proposiciones pues no son tautológicas ni contradictorias, y tampoco pueden ser puestas a prueba mediante la confrontación empírica.

Para el positivismo lógico fue muy importante la búsqueda de un **punto de partida absoluto** y ello se concretó en la importancia que le atribuyeron a las proposiciones protocolares que posibilitan las descripciones sensoriales inmediatas. Su aceptación de los términos teóricos queda supeditada a la conexión de los mismos con la realidad fenoménica mediante reglas de correspondencia. El papel de la filosofía de la ciencia, para sus autores, es brindarle buenas herramientas con el propósito de liberarla de entidades metafísicas y, por ende, contribuir a la eliminación de pseudo-problemas.

La Concepción Heredada o herencia positivista, con una decidida **impronta antimetafísica**, sienta sus bases en el positivismo decimonónico 🡪 lo positivo es lo real, lo fáctico, lo observable y cuantificable. Para los empiristas lógicos, la idea del progreso es lineal, similar a la concepción positivista que sostiene que nos acercamos hacia la verdad. Caracterizado por su punto de vista empirista y la aplicación del análisis lógico. Buscaba un medio para evitar la introducción de entidades metafísicas en las ciencias. Consiste en una distinción tajante y conceptual entre contextos de descubrimiento y justificación de hipótesis y teorías. Pretende establecer criterios de demarcación precisos entre la ciencia y otras disciplinas no científicas.

El **reduccionismo** considera a la ciencia como única herramienta legítima de conocimiento; y la idea de ciencia unificada, decisión ontológica y metodológica, que lleva a establecer una forma única de hacer ciencia para todas las áreas de conocimiento y una concepción particular de la historia de la ciencia.

La concepción heredada se interesa en justificar las hipótesis desde 2 puntos de vista:

* + - Control empírico de los enunciados observacionales
    - Validez lógica (corrección de la estructura deductiva que vincula las hipótesis fundamentales con los enunciados observacionales)

El **positivismo lógico**, en su segunda etapa, puso énfasis en el valor cognitivo de las ciencias y su rol en la posibilidad de conocer el mundo para dominarlo para la consecución del progreso tecnológico, económico y social, lo que los llevó a presentarse como fuertes defensores de las ciencias. El positivismo lógico incorpora al positivismo de Comte los descubrimientos de la lógica contemporánea. Busca elucidar la “forma lógica” de las afirmaciones científicas antes que su contenido. Las dos instancias básicas que permiten justificar la V o F de las teorías científicas permitirán garantizar la objetividad del saber (condición básica del conocimiento científico según el positivismo), que se apoya sobre la **autonomía** (posibilita su control y análisis desde el interior del discurso científico) y **neutralidad** (ciencia como intento de buscar la verdad independientemente de los intereses humanos).

**El problema de la demarcación**

Es imposible, según los positivistas lógicos, aventurarse en el conocimiento más allá de los límites de la experiencia sensible. Todo ente que no tenga contenido empírico, no puede ser objeto de conocimiento. Por ello, para Kant, la metafísica no puede entrar en el camino seguro de las ciencias.

El **problema de la demarcación es la separación** de lo que es ciencia de lo que no lo es. Así, una proposición era científica si tenía significado, y tenía significado si era verificable por medio de la observación para establecer su verdad o falsedad. Por lo tanto, la verificabilidad dependía de la experiencia.

La **solución** propuesta al problema de la demarcación por la Concepción Heredada es la siguiente: Al principio empirista según el cual todo conocimiento analítico se basa en la experiencia, el empirismo lógico añadió la máxima según la cual una proposición constituye una afirmación significativa y puede, en consecuencia, ser verdadera o falsa, únicamente si era analítica o contradictoria; o bien capaz de ser confirmada por la experiencia. De este modo, los empiristas lógicos siguen el camino emprendido por Hume (“*los únicos objetos de las ciencias abstractas o de la demostración son la cantidad y el número, y todos los intentos de extender la clase más perfecta de conocimiento más allá de estos límites son mera sofistería e ilusión*” // *“los enunciados se clasifican en proposiciones de hechos y proposiciones sobre relaciones”*.)

* Principio de verificabilidad/criterio verificacionista del significado: Criterio que atribuye significado y valor cognoscitivo a todo enunciado que refiera una experiencia que lo haga verdadera.

Para el empirismo lógico poseen significado aquellas proposiciones que pueden determinarse por medio de las experiencias sensoriales y por la cuantificación de dicha experiencia: la verificación. Los positivistas lógicos crearon así las **proposiciones primeras o protocolares**, las cuales constituyen las descripciones inmediatas de las sensaciones, siendo éstas el lenguaje de los datos sensoriales. Una proposición tiene significado cuando se han fijado sus relaciones de derivación de proposiciones protocolares, y un término sólo tiene significado cuando las proposiciones en las que puede aparecer pueden ser transformadas en proposiciones protocolares (ej: “el Sol es amarillo y redondo” –expresión- puede traducirse en una proposición protocolar como ser “existe un objeto de color amarillo y de forma redonda en este momento tal que lo llamamos Sol”).

El análisis lógico condujo al resultado de que las proposiciones de la metafísica son totalmente carentes de sentido por tener pseudoproposiciones y no por tener proposiciones falsas o contradictorias. Para que una palabra, simbolizada con “P” y llamada palabra “(a)” tenga significado es necesario:

* Que las notas empíricas de “a” sean conocidas
* Que se haya estipulado de qué proposiciones protocolares es derivable “P(a)”
* Que las condiciones de verdad para “P(a)” hayan sido establecidas
* Que el método de verificación de “P(a)” sea conocido

El **objetivo del positivismo lógico** es eliminar toda pseudoproposición, ya que fuera del análisis de las proposiciones empíricas, de las tautologías y de los métodos deductivos, la filosofía no tiene otro objeto de estudio. Para estos, el lenguaje observaciones o protocolar debía ser el lenguaje fiscalista en el cual se hablara de cosas materiales que hicieran referencia a propiedades observables. Así el lenguaje de la física se consideró universal, pues todo lenguaje científico debería ser traducido a la física para ser significativo.

Se busca de esta manera una ciencia unificada, rechazando todo tipo de dualismo que se identifica con la metafísica, la cual realiza una división entre “ciencias de la naturaleza” y “ciencias del espíritu”. Para los fiscalistas, como **Neurath**, ambas pueden ser conceptualizadas en el lenguaje fiscalista. Los fiscalistas son ejemplo del **reduccionismo científico**, el cual consiste en la identificación de todo pensamiento racional con el pensamiento científico, asimilando asimismo el pensamiento científico con las teorías físico-naturales.

Sin embargo, la deficiencia del criterio verificacionista es que hay algunas proposiciones que son verificables en principio, pero no existe la posibilidad de predicar de ellas verdad o falsedad. Por ejemplo, de la proposición *“hay montañas del otro lado de la luna”*, no podemos afirmar si es verdadera o falsa pero tiene sentido porque en caso de construir los instrumentos adecuados la proposición puede comprobarse o refutarse. La solución para el criterio verificacionista es el **criterio confirmacionista del significado**, el cual hace alusión a un concepto cuantitativo que implica cierto grado de probabilidad. Si bien no es posible verificar gran parte de los enunciados científicos, podría ser posible que sean confirmados con probabilidad, siendo así significativos, es decir, científicos: *“Un enunciado es científico si puede ser confirmado y no sólo verificado”.*

**La distinción de contextos**

La Concepción Heredada caracteriza a la ciencia como producto y proceso, distinguiendo contextos de justificación y de descubrimiento. “**Contexto”** hace referencia al ámbito de los sectores y temáticas donde transcurre el discurso epistemológico.

El **contexto de justificación** corresponde a la ciencia como producto científico, relacionándose con la teoría y con la validación del conocimiento, vinculado con los aspectos lógicos y empíricos de las teorías. Como producto terminado, una **teoría empírica** es una estructura lógica derivativa y asimilable a un sistema axiomático y un puente con la realidad mediante la experiencia. Es importante pues que posea una organización lógica, de manera que el pasaje de unos enunciados (premisas) a otros derivados de estas (conclusión) se haga de forma tal que no se produzcan contradicciones, ya que la experiencia es fundamental para la argumentación.

El **contexto de descubrimiento** es todo lo relativo al modo en que los científicos arriban a conjeturas, hipótesis o teorías, es decir, a las circunstancias subjetivas que posibilitan el surgimiento de una hipótesis o teoría.

Así, el método científico debe quedar confirmado al contexto de justificación ya que no tiene sentido buscar un método en el descubrimiento de ideas nuevas. Para **Popper** el trabajo científico consiste en proponer ideas y contrastarlas. Primero, se debe inventar una teoría, la cual no requiere de un análisis lógico (cómo se le aparecen ideas nueva a una persona no merece ninguna explicación). Por lo tanto, en el contexto de descubrimiento todo es permitido, no hace falta establecer reglas y no se deben justificar las nuevas ideas propuestas. El problema surge en el contexto de justificación en donde se pretende justificar lógicamente la validez, aceptabilidad y pertinencia de las teorías; siendo la justificación independiente y neutral respecto de las prácticas que le dieron su origen.

Existe un 3er contexto propuesto por Klimovsky, el **de aplicación de las teorías (tecnológico)**, que refiere al impacto que éstas tienen en la vida cotidiana y sus implicancias éticas. Así la producción científica queda desvinculada de su aplicación tecnológica permitiendo distinguir entre ciencia y tecnología. Se busca asegurar la autonomía de la ciencia y su neutralidad valorativa, siendo su único fin el análisis objetivo de las teorías científicas.

**Las teorías empíricas: lenguaje y estructura**

Una noción central para el empirismo lógico es **la teoría**. El empirismo lógico fundó centralmente su idea de teoría sobre la base de que ésta es un conjunto de enunciados o proposiciones que tienen como característica el poder ser falsos o verdaderos. Algunos de estos enunciados, son denominados **hipótesis científica**, la cual es un enunciado conjetural cuyo valor de verdad se ignora.

Para la Concepción Heredada, una **teoría empírica** es concebida como un conjunto de hipótesis de partida y sus consecuencias lógicas, que se caracteriza por ser un cálculo axiomático al que se le da una interpretación observacional parcial por medio de reglas de correspondencia. Así, una teoría empírica es vista como un cálculo interpretado. Esta interpretación del sistema da lugar a que los enunciados que resultan de los axiomas sean verdaderos. Una teoría empírica también constituye un puente con la realidad a través de la experiencia directa. Una teoría empírica es un cálculo axiomático empíricamente interpretado.

* En síntesis, una teoría posee tres elementos (en palabras de Nagel):
  + Un **cálculo abstracto**, el cual compone la estructura lógica del sistema explicativo
  + Un **conjunto de reglas** (de correspondencia) que relacionan el contenido empírico del cálculo abstracto con la experimentación y observación.
  + Una **interpretación o modelo** que provea a la estructura lógica de materiales conceptuales.

Según **Popper**, los sistemas teóricos deben estar formulados de modo claro, definido y riguroso; y tender a la forma de un sistema axiomatizado. Concibe al sistema axiomático como un sistema de hipótesis, las cuales no deben ser consideradas verdaderas a priori, ya que su V o F resultará de la contratación empírica. Los **sistemas teóricos** deben ser consistentes, independientes y contar con axiomas suficientes (deducir así todos los enunciados pertenecientes a la teoría) y necesarios (no superfluos). La estructura de una teoría empírica es la siguiente:

* Formulación de una hipótesis fundamental o de partida; a partir de ella se desarrolla el resto de la estructura teórica (funciona como premisa)
* Hipótesis derivadas que se construyen a partir de las primeras
* Consecuencias observaciones que son inferidas a partir de las hipótesis derivadas y deben ser sometidas a contratación.

Es importante advertir que la estructura formal deductiva garantiza la sistematicidad, sin la cual la teoría sería sólo un agregado disperso de enunciados**.** Hay tres condiciones para la formulación de una teoría científica:

* No puede haber tautologías en las hipótesis, ya que no le aporta información o conocimiento empírico.
* No puede haber contradicciones en las hipótesis, de serlo la teoría seria inconsistente.
* La teoría debe ser **contrastable**, es decir, se debe poder inferir consecuencias observacionales y éstas deben poder confrontares con los hechos. De no ser así no es una teoría empírica.

La estructura de una teoría incluye diferentes estratos o niveles. Los enunciados que componen la teoría pueden ser universales o singulares, pueden referirse a fenómenos observables o no. La primera distinción nos permite establecer **niveles de enunciados**, y la segunda establecer la distinción entre **enunciados observacionales y no observacionales (o teóricos)**. Si deseamos exponer la estructura por niveles tenemos:

* **Nivel 1. Enunciados empíricos básicos**
  + Deben cumplir dos condiciones:
    - Todos los términos no lógicos deben ser empíricos
    - Deben ser enunciados singulares o muestrales (que se hable de una sola entidad o conjunto finito)
    - *Ejemplo: “****Este*** *papel tornasolado viró al rojo”*
* **Nivel 2. Generalizaciones empíricas**
  + Deben cumplir dos condiciones:
    - No incluir términos teóricos (igual que en el nivel 1)
    - A diferencia del nivel 1, no deben ser afirmaciones singulares o muestras sino afirmaciones generales que establecen regularidades o uniformidades en conjuntos amplios.
  + *Ejemplo: “****Todos*** *los cuerpos se dilatan con el calor”*
* **Nivel 3. Enunciados teóricos**
  + Deben contener al menos un término teórico
  + Puede ser mixto: un término teórico y los demás empíricos
  + Puede ser una hipótesis teórica pura fundamental: sólo contiene términos teóricos y no empíricos

La **conclusión** es que una teoría es un conjunto de enunciados con carácter hipotético, que debe estar constituida por enunciados de nivel 3, ya que los de los otros dos niveles son más débiles y limitados. La distinción entre niveles de enunciados nos conduce a una nueva clasificación que es entre **tipos de enunciados**. La distinción entre enunciados teóricos y observacionales está fundada en el tipo de términos con que estos enunciados se construyen. Existen tres tipos de términos en una teoría fáctica:

* **Términos lógicos:** Constituyen el vocabulario formal. Son enlaces sintácticos (“todos” “y” “si… entonces”)
* **Términos observaciones:** Constituyen el vocabulario que se refiere a entidades, propiedades y relaciones observables (“azul”, “más denso que”, “frío”)
* **Términos teóricos**: Constituyen el vocabulario de la teoría que se refiere a entidades, propiedades y relaciones NO directamente observables (“campo magnético”, “electrón”). Su problema fundamental es que no tienen correlativo empírico, por ende su control es por comparación sensorial. Existen dos posiciones respecto al debate sobre qué se compara al tener en un enunciado términos teóricos sin contenido empírico: la **realista** (los términos teóricos se refieren a entidades y propiedades no observables pero existentes. El carácter de lo no observable está dado por la imposibilidad técnica o sensorial humana) y la **instrumentalista** (consideran que los términos teóricos solo son instrumentos verbales que no se refieren a entidades sino que se introducen en la medida en que sean explicativos y predicativos para la teoría). Igual, ambos lenguajes se encuentran separados y por ende, se necesita un puente que permita el pasaje deductivo de los enunciados teóricos a los observaciones. Esta función es llevada a cabo por los enunciados mixtos o reglas de correspondencia que permiten interpretar la teoría en términos de observación. ***Popper****, partidario del racionalismo crítico, se encuentra en contra de este punto de vista y sostiene que esta distinción entre términos teóricos y observaciones se encuentra errada ya que todos los términos son teóricos en algún grado al pertenecer a la teoría del lenguaje. Sin embargo, sí afirma que algunos son más teóricos que otros.*

Los enunciados construidos en una teoría contienen tanto términos lógicos como no lógicos (descriptivos o designativos). De esta manera, podemos hablar de tres tipos de enunciados:

* **Enunciados teóricos:** Contienen vocabulario descriptivo únicamente con términos teóricos (“los genes tienen dos pares de alelos”).
* **Enunciados observacionales:** Contienen vocabulario descriptivo únicamente con términos observaciones (“el trozo de papel tornasolado viró al rojo”). El lenguaje observacional debe ser accesible y preciso; con una estructura lógica simple para conectar con la realidad observable y neutral, independiente del lenguaje teórico y único. Esto es fundamental para la Concepción Heredada ya que si la experiencia observacional que se utiliza para contrastar una teoría dependiera de la teoría se incurriría en un círculo autojustificatorio.
* **Enunciados mixtos o reglas de correspondencia:** Contienen tanto términos teóricos como observacionales. Son los que conectan los términos teóricos con la experiencia observable, proporcionan la carga de interpretación empírica permitiendo pasar de lo observaciones a lo teórico y viceversa.

En síntesis, una teoría es un conjunto de enunciados compuestos por un grupo de base (fundamentales o de partida), que suelen tener un alto nivel teórico y a partir de ellos se deducen los enunciados de más bajo nivel teórico y de menor generalidad hasta llegar a los enunciados que se pueden poner a prueba. A diferencia del **empirismo lógico** que piensa que los enunciados que componen a las teorías son independientes unos de otros y cuya comprobación también se realiza de forma independiente, para el **postempirismo**, la teoría ya no es un conjunto de enunciados independientes sino una estructura enunciativa, un bloque único que no puede ser sometido a contratación empírica de manera aislada sino que su puesta a prueba depende de otras teorías. Así adquieren un carácter contextual.

**La cuestión del método científico para el empirismo lógico**

El objetivo de las ciencias fácticas es explicar acontecimientos que ocurren en el mundo empírico. Uno de los ejes centrales de la Concepción Heredada es buscar los criterios de demarcación que nos permitan identificar qué es ciencia y qué no lo es y distinguir qué enunciados son científicos y cuáles no lo son.

Este conjunto de criterios constituyen el **método científico**, que tiene como fin último la búsqueda persistente de la verdad, orientada por consideraciones lógicas. Los resultados del mismo pueden ser sometidos a prueba repetidamente por cualquiera que lo intente. Las dudas desarrolladas por medios del método científico logran que las mismas adquieran cierto grado de aceptabilidad aunque sea provisionalmente. Si bien la refutación no es algo sencillo, las teorías pueden ser desmentidas y al ir superando esos riesgos, adquirirán mayor aceptabilidad.

Un conocimiento científico es correcto cuando lo avala una **metodología**. El método científico pone como presupuesto la noción de lo real, de algo permanente y externo que pueda afectar a los hombres por igual de modo que la conclusión que se obtenga es la misma para todos. Son procedimientos destinados a producir un conocimiento nuevo o a convalidar uno ya aceptado. Este método científico implica concebir una **realidad objetiva y racional**.

**El inductivismo**

El **método inductivo** se creó como el criterio de demarcación entre ciencia y metafísica. La ciencia lo utiliza como herramienta para acceder a la verdad o al menos para afirmar la probabilidad de las teorías. La inducción es la realización de una transición desde algún cuerpo de **información empírica** (premisas) a un **enunciado** (conclusión) que no está implicado lógicamente (deductivamente) por él, por ende la inferencia no es lógica-demostrativa. Así, se llegaría a la formulación de hipótesis partiendo exclusivamente de los “hechos”. Es una perspectiva que identifica a la ciencia como una forma de conocimiento que alcanza un alto grado de objetividad, neutralidad y progreso. La observación se constituye en el punto de partida de la ciencia y la base segura del conocimiento. Los enunciados basados en la observación cuidadosa y desprejuiciada y la experimentación son considerados “científicos”. El inductivismo abarca las siguientes tesis:

* Solamente es fecundo el conocimiento de los hechos
* La certeza es dada por las ciencias experimentales
* El contacto con la experimentación y la renuncia a cualquier forma de a priori es la manera de evitar el verbalismo y el error

La **inducción** y el **inductivismo** no son lo mismo. El primero es un tipo de razonamiento donde las premisas contienen información acerca de *algunos* miembros de una clase y sobre esa base, se arriba a una *generalización* acerca de *toda* la clase o una predicción acerca de un miembro no examinado de la clase. El segundo, es un método científico que hace uso del primero, es decir el inductivismo hace uso de la inducción. El inductivismo afirma que el primer paso del método científico es la **observación**, la cual es la forma segura desde donde captar la realidad y nos permite descubrir una hipótesis como así también probar, justificar conexiones causales.

El **esquema** tradicional del método científico (o concepción inductivista estrecha) según el inductivismo sería:

1. Observación y registro de los hechos
2. Análisis y clasificación de éstos
3. Derivación inductiva de generalizaciones. Establecimiento de enunciados generales a partir de observaciones particulares
4. Contratación empírica de las conclusiones

Los **enunciados observacionales** se infieren inductivamente en un enunciado que puede formularse como:

A1 tiene la característica B

Salto inductivo (generalización)

“Todo A es B”

A2 tiene la característica B

A3 tiene la característica B

…

An tiene la característica B

Por lo tanto, todos los A tienen característica B

Este enunciado general constituye la hipótesis “descubierta” o “creada” para la teoría. Así, este salto se basa en el “**principio de regularidad de la naturaleza**”, que da lugar a la formulación de leyes por medio de predicciones acerca de acontecimientos futuros. El inductivismo presupone la uniformidad de la naturaleza, es decir, que la misma no cambia, es constante. Basándonos en esta ley y en este principio parecemos autorizados a inferir una afirmación sobre un hecho aún no conocido. La objetividad parecería garantizada al quedar sustentada por la evidencia empírica de la observación.

Este método afirma que es posible probar que los enunciados singulares observaciones son V de manera directa, mediante la observación de los hechos a los que esos enunciados refieren. Si cada enunciado singular se lo enfrenta a la realidad y la experiencia se corresponde con lo dicho por el enunciado, entonces según la **teoría de la correspondencia de la verdad** (Aristóteles), el enunciado es V, en caso contrario es F. Tomando esos enunciado observaciones verificados es posible verificar también los enunciado universales que expresan leyes.

Esto se lo conoce bajo el nombre de **VERIFICACIONISMO**. Para éste el conocimiento científico se considera probado una vez que hemos examinado una suficiente cantidad de casos y todos han llegado a la misma conclusión pudiendo afirmar que todos los casos son iguales (el conocimiento es verificable).

La crítica de **Hempel** a la Concepción Inductivista es que es insostenible e impracticable, ya que si intentaremos seguirla no podríamos ni realizar el primer paso, debido a que sería imposible observar *todos* los hechos que existen en el mundo. Cuestiona la pureza y neutralidad de la observación. Afirma que debe existir previamente una idea o un criterio que determine cuáles son los hechos relevantes a observar para resolver un problema. La idea que el primer paso de una investigación es la observación sin ninguna teoría previa se autorrefuta por la propia práctica científica, ya que toda observación se encuentra condicionada por diversos factores, teorías y objetivos. La inducción no garantiza el pasaje de verdad entre premisas y conclusión. Para él, la inferencia inductiva no debe pensarse como método efectivo de descubrimiento sino de *justificación probable*. Así pues, las hipótesis y las teorías no se infieren mecánicamente de los hechos observados sino que ellas son inventadas por un ejercicio de la imaginación creativa. El escepticismo de Hempel respecto a la justificación de procedimientos inductivos (regularidad de la naturaleza) supone rechazar la justificación de cualquier forma de inferencia ampliativa así como de creencias cerca del futuro sobre la base del pasado, incluso si proviene de información verdadera. Él mismo afirma que no es contradictorio pensar que existen cambios dentro de la naturaleza. Así, no niega que haya una inclinación psicológica a creer en el principio de la inducción, LO QUE NIEGA ES QUE ESTA CREENCIA TENGA UNA FUNDAMENTACIÓN LÓGICA.

La solución o respuesta de Hempel para este problema es el **confirmacionismo** (versión más sofisticada del inductivismo), a través del cual las predicciones nunca se garantizan totalmente, sino que tienen un grado de probabilidad, que reemplaza la pretensión de verificar por la de confirmar. Para el confirmacionismo no es posible la inducción, al contrario del verificacionismo que considera que la inducción puede aportar nueva información.

La inducción corresponde a la **falacia formal de afirmación del consecuente**, la cual es un razonamiento inválido desde el punto de vista de la lógica deductiva, de modo que podrían ser verdaderas las premisas y falsa la conclusión. Por lo tanto, no verifica la hipótesis. Así el conocimiento científico no es probado, pero puede representar un conocimiento que es probablemente verdadero.

**Esquema argumental:** si la hipótesis es verdadera, las consecuencias observacionales son verdaderas. Por lo tanto, la hipótesis es verdadera 🡪 falacia de afirmación del consecuente (inválido desde el punto de vista de la lógica deductiva) 🡪 premisas verdaderas y conclusión falsa 🡪 no se verifica la hipótesis

H 🡪 C.O

C.O

H

En conclusión, la búsqueda de un método que permita pasar sin error alguno de los hechos a la ley, es imposible de encontrar. Ni la lógica inductiva ni la deductiva pueden garantizar la verdad material de la conclusión de un razonamiento. En este sentido, **no se puede decir que la hipótesis ha sido verificada pero sí confirmada**. Si se reiteran los experimentos y se obtiene un gran n° de consecuencias observaciones V, se puede decir por inducción que la hipótesis es **probablemente verdadera**, es decir, que existe un alto grado de probabilidad. Por lo tanto, si las consecuencias observaciones esperadas deducidas de la hipótesis no se cumplen entonces la hipótesis queda refutada. Pero si efectivamente se cumplen, la hipótesis que confirmada con algún grado de probabilidad.

**Racionalismo Crítico (siglo XX - Viena)**

Popper comienza a discutir con el empirismo lógico. El **racionalismo crítico de Popper** viene a responder dos de los problemas que el emprimo lógico no lograba resolver: el problema de la demarcación y el de la justificación de los enunciados científicos. Popper por su lado debe ser considerado como un anti-empirista radical y debe ubicárselo dentro del **neopositivismo**.

* **Racionalismo crítico y empirismo lógico**
  + Similitudes
    - Para entender los procesos que permiten la comparación de los enunciados con la realidad por medio de la percepción debe darse un orden lógico, una claridad enunciativa y una determinada formalización del lenguaje. Solo así se da una autentica comparación entre lenguaje y realidad.
    - Comparten distinción entre contexto de descubrimiento y de justificación. Sin embargo, para el racionalismo crítico el análisis epistemológico debe centrarse en el contexto de justificación.
    - Comparten la distinción teórica-observacional. Sin embargo, Popper afirma que en los enunciados observaciones hay carga teórica
    - La idea de formular un criterio de demarcación. Pero Popper establece un criterio falsacionista.
    - Se debe posicionar en un realismo científico
  + Diferencias
    - El racionalismo crítico es anti-inductivismo, difiere en la metodología propuesta para el contexto de justificación: Popper lleva a someter a prueba una teoría científica enfrentándola a las condiciones más estrictas que pudieras desdecirla y refutarla, el signo distintivo de la ciencia, **criterio falsacionista**. Por ende, es anti-verificacionista y anti-empirista.

**El problema de demarcación en Popper**

Popper llama **problema de demarcación** al de encontrar un criterio que nos permita distinguir entre las ciencias empíricas por un lado, y los sistemas metafísicos, por otro. La principal razón de Popper para rechazar la lógica inductivista es precisamente que no proporciona un rasgo discriminador apropiado del carácter empírico, no metafísico, de un sistema teórico; o en otras palabras, que no proporciona un criterio de demarcación apropiado.

Recordemos aquí que la distinción de los enunciados con sentido (científicos) de los que no lo tienen (pseudocientíficos), es desarrollada por el empirismo lógico. En su primera aproximación, la línea demarcatoria es establecida por el **criterio verificacionista**: un enunciado es científico, si pueden ser verificados (los enunciados de la ciencia deben poder ser verificados por la experiencia). En una segunda aproximación y como opuesto del verificacionismo, se establece el **criterio confirmacionista**: un enunciado es científico si puede ser confirmado.

Popper avanza creando el **refutacionismo** o **falsacionismo**: un enunciado es científico, si puede ser refutado (falsado). Por el contrario, una hipótesis es científica si existe una clase no vacía de enunciados básicos que la contradigan. Esto implica dos cosas: primero, que los enunciados metafísicos no necesariamente carecen de sentido y por lo tanto la metafísica no se encuentra opuesta a la ciencia; y segundo que aquello vinculado con la actitud de los seguidores de las concepciones teóricas no es científico.

El criterio demarcatorio propuesto por Popper va a distanciarse del erróneo criterio sostenido por el positivismo. Para evitar el error positivista, hay que utilizar un criterio que nos permita admitir enunciados que no puedan verificarse. Pero sólo es método científico aquel que se utiliza para contrastar, Estas consideraciones nos indican que el criterio de demarcación elegido no es el de la verificabilidad, sino el de la falsabilidad.

**El Hipotético- deductivismo**

El inductivismo sostenía que debía comenzarse por la observación de los hechos, expresada esta mediante enunciados observacionales (casos particulares), que mediante una inferencia inductiva se obtenían leyes o teorías científicas (generalizaciones o conclusiones generales). Así, tenemos:

Enunciados observacionales (E) --------- inducción ---------- Leyes o teorías científicas (L)

La **crítica de Hume** a la inducción es que ningún n° de casos a favor de una generalización empírica es suficiente para formular una ley y por tanto “lo observable” ya posee una carga teórica.

Para **Popper** todo lenguaje está impregnado de teoría, los enunciados observacionales dependen de la teoría, son falibles y su aceptación es provisoria. Crea **tres mundos**: mundo de los objetos físicos, el de los estados de conciencia o mentales y el de los contenidos objetivos del pensamiento (= mundo de la ciencia).

Popper crea el **método hipotético deductivo**, el cual elimina el papel de la inducción. Indica que la dirección correcta no es de los hechos a las teorías, sino, de las teorías a los hechos. Es la teoría la que muestra qué hechos se deben observar. Teoría libre creación del espíritu, vinculadas a la resolución de problemas.

L ------------- inducción -------------- E

Problema (P) ------- invención por intuición -------- Teoría científica (T) ------ Deducción -------- E

Popper se opone al empirismo lógico mediante el criterio de **demarcación falsacionista** y por otro lado, se desentiende de la necesidad de fundamentar lógicamente el proceso de producción de las hipótesis y teorías. Éstas surgen según él, como respuesta posible a un problema planteado por la naturaleza o sociedad. El método hipotético-deductivo queda reducido al contexto de **justificación** al que considera al contexto de **descubrimiento** (irracional). Se presenta en este método la siguiente secuencia:

* + **Problema**
  + **Hipótesis principal, fundamental o de partida**
    - Intenta dar una posible resolución, guía su investigación. Enunciado de tipo general. Creación del investigador con carácter hipotético, es una proposición conjetural ( ++ general )
  + **Hipótesis Derivadas**
    - Se deducen de las anteriores ( + general )
  + **Consecuencia observacionales**
    - Se extraen deductivamente de las hipótesis fundamentales y derivadas. Afirmaciones particulares que se someten a prueba empírica. De allí, se refuta la hipótesis si la consecuencia observacional resulta un enunciado falso o se corrobora si la contrastación resulta favorable. (— general )

Existe una asimetría entre **verificación y refutación de hipótesis**: Para Popper hay algunos enunciados generales propuestos como hipótesis de partida, que no pueden verificarse ya que sólo un caso en su contra los puede refutar. Asimismo, los enunciados existenciales deducidos inmediatamente de ellas no pueden ser refutados porque en el futuro podrían aparecer casos favorables que lo confirmen.

A diferencia de los enunciados generales, los enunciados existenciales no pueden ser refutados, y por lo tanto no son científicos. Popper afirma que no se debe buscar la confirmación de hipótesis ya que esto significa caer en la falacia de afirmación del consecuente, la cual es la siguiente:

Hipótesis (H) 🡪 Consecuencia observacional (C.O)

Pasaje de información parcial de las premisas a la conclusión.

C.O

H

Este tipo de razonamiento inválido, no nos garantiza la V de la conclusión, por ende no verifica la hipótesis (no se puede decir que es V). En todo caso, se puede decir que la hipótesis ha sido corroborada (se la acepta provisionalmente, es probablemente V hasta que pueda ser falsada). Este método para Popper no es científico y por lo tanto busca llegar a la estructura de un **Modus Tollens** para poder refutar o verificar las hipótesis. Sería así:

H 🡪 C.O

-C.O

Pasaje de información total de las premisas a la conclusión.

-H

Si la hipótesis es verdadera, entonces C.O es verdadera. Si un enunciado observacional resultara falso, también resultaría falsa la hipótesis de donde se derivó.

Mientras la **verificación** (inductivismo estrecho) sostiene la posibilidad de afirmar que una hipótesis es verdadera, la **confirmación** (inductivismo sofisticado) sostiene la posibilidad de afirmar que una hipótesis es probablemente verdadera. A diferencia de ambas, la **corroboración** (falsacionismo o refutacionismo hipotético deductivismo) indica la posibilidad de que una hipótesis sea verdadera sólo provisoriamente.

**Falsacionismo**

Dos tipos de falsacionismo: la corriente ingenua (realismo crítico: **Popper)** y la sofisticada (**Lakatos)**.

Aquellas primeras apreciaciones sobre el falsacionismo de Popper nos permiten ahora compararlo con algunas cuestiones planteadas por el positivismo lógico y ver que Carnap es justificacionista (cree en la posibilidad de verificación de los enunciados de la ciencia, al menos en principio). Sus notables esfuerzos por diseñar una lógica inductiva rigurosa lo han llevado a tener muchas coincidencias con el denominado inductivismo amplio o sofisticado (confirmacionismo) sostenido por Hempel y Nagel. Para Popper, el conocimiento científico no se obtiene inductivamente sino por ensayo y error, mediante conjeturas y refutaciones. Con el objetivo de la resolución de problemas propone arriesgar hipótesis audaces que han de ser puestas a prueba. De dichas hipótesis se deducen consecuencias observacionales para confrontarlas mediante la observación y la experimentación. Popper rechaza la inducción y toda posibilidad de verificación o confirmación probabilística de las hipótesis.

Según Popper, no hay otra lógica de la investigación científica que la deductiva y ésta tan sólo permite la refutación de las hipótesis (asimetría entre refutación y verificación). Al hacer uso de los procedimientos deductivos solamente podemos demostrar que estamos equivocados. Si una hipótesis no pasa la prueba empírica resulta refutada. De lo contrario, se la corrobora provisoriamente, nunca podrá ser verificada, ni siquiera confirmada probabilísticamente. Aunque nos resulte paradójico, para Popper, la falsación de hipótesis nos conduce a un proceso racional de aproximación a la verdad mediante su reemplazo por otras más audaces y con más contenido informativo que, de contar con apoyo evidencial (no probabilístico) sobrevivirán también provisionalmente. De este modo se da el progreso de una disciplina científica.

También vemos una distinción entre dos momentos del desarrollo de las tesis falsacionistas popperianas: el modelo **monoteórico**, del joven Popper, en el cual la falsación se realiza de un modo sencillo mediante la confrontación teoría-experiencia, y el modelo **multiteórico**, de un Popper más maduro, en el cual la falsación es el resultado de la confrontación de dos hipótesis rivales con la experiencia (experimentos cruciales).

La **concepción falsacionista sofisticada** de Lakatos desarrolló las tesis de los programas de investigación a partir de la superación de un primer falsacionismo ingenuo de Popper apoyándose, fundamentalmente, en el falsacionismo más refinado del segundo modelo popperiano.

La **concepción de programa de investigación lakatosiano**, entendido como estructura, ha llevado a algunos de sus comentaristas a considerarlo un epistemólogo estructuralista. Los componentes de un programa son un núcleo duro central, constituido por hipótesis teóricas muy generales, y un cinturón protector, compuesto por hipótesis auxiliares, enunciados observacionales y supuestos de las condiciones iniciales de testeo. Para Lakatos el núcleo duro central es infalsable por decisión metodológica de los propios científicos. Y las hipótesis auxiliares del cinturón protector operan como fusibles ante la amenaza de alguna refutación. Esto nos lleva a otra cuestión importante que es la distinción que hace Lakatos entre una heurística negativa y una heurística positiva. Finalmente, otro punto que debemos tener en cuenta es el carácter progresivo de un programa que permite predecir nuevos fenómenos durante mucho tiempo y su cambio degenerativo cuando su capacidad predictiva se va agotando. La lectura de la obra de Kuhn ha sido fundamental para que Lakatos planteara con claridad su diferenciación con el falsacionismo de Popper, pero Lakatos cree que hay criterios racionales de competencia entre programas de investigación, en los que se apoya la comunidad científica, mediante los cuales la ciencia progresa.

El **falsacionismo ingenuo** rompe la posibilidad de acceso lógico y empírico a la verdad. No podemos verificar una hipótesis por medio de la comprobación de los enunciados ni estar lógicamente seguros de que la hipótesis haya sido verificada (verificacionismo/inductivismo estrecho) o confirmada (confirmacionismo/inductivismo sofisticado), pero sí podemos estar seguros lógicamente (deductivamente) de su refutación (hipotético-deductivismo). Para Popper una consecuencia observacional (hecho) refutada, refuta la teoría.

Las hipótesis propuestas deben ser **falsables** (correr el riesgo de ser falsas). Una hipótesis es **falsable** cuando tiene contenido empírico, dice algo acerca del mundo y no está prevenida contra la refutación; corre el riesgo de que pueda acontecer en cualquier momento. Debe tener la posibilidad de ser falsa, y puede ser corroborada o refutada. Para Popper las hipótesis no se pueden afirmar por una cuestión lógica.

Es importante destacar que no es lo mismo la **falsabilidad** (posibilidad que tiene un enunciado de ser falsado, que radica en si es empírico o no 🡪 se basa en la experiencia) que la **falsación** (dar cuenta de reglas que indiquen en qué condiciones debemos considerar falsado un sistema).

Existen **grados de falsación** (hay hipótesis más falsables que otras). La falsabilidad de una hipótesis depende del grado de generalidad de su sujeto y del grado de precisión de su predicado. Cuanto más universal sea su sujeto y más preciso sea su predicado, mas falsable se vuelve la hipótesis. (“todos los planetas tienen atmosfera”, es más falsable que “la tierra tiene atmosfera”). Un enunciado universal ofrece mayores oportunidades para la refutación. Las hipótesis más científicas son las que más arriesgan y las que más dicen (las más específicas).

Hay ciertos enunciados que podemos considerar como no falsables, y son aquellos carentes de contenido empírico que no nos permite afirmar que el enunciado es falso. Precisamente estos enunciados son los:

* Probabilísticos: “Es probable que mañana vayamos al cine”
* Tautológicos: “Este año termino mis estudios o no los termino”
* Los que contienen términos sin denotación: “Ángel, bruja, energía positiva”
* Problemáticos: “Quizá mañana te contesto el mail”

Para Popper la ciencia avanza a través del “ensayo y error”: se proponen hipótesis y si son abandonadas se proponen otras. Por lo tanto, para Popper, el método por el que aprendemos de la experiencia es por:

* **Conjeturas**
  + Primero, para resolver problemas, conjeturamos hipótesis generales sobre el mundo. Luego, las sometemos a pruebas rigurosas. De las hipótesis y el conocimiento básico inferimos consecuencias observacionales contrastables mediante la experiencia. Si la hipótesis no pasa esta prueba (es decir si las consecuencias observacionales no se corresponden con la base empírica), es refutada. Si ocurre lo que se deduce de la hipótesis, ésta sobrevive provisionalmente (otras pruebas podrían falsearla).
* **Y refutaciones** 
  + La ciencia avanza buscando refutaciones; presenta alternativas a las refutadas. Frente a un problema, se elaboran teorías tentativas; al ponerlas a prueba, hay eliminación de errores y reformulación del problema, que lleva a nuevas teorías tentativas. Esquema:

P1 (probl.) -- TT (teorías tentativas) -- EE (eliminación de errores) -- P2 (reformulación del prob.)

Desde este punto de vista, el método científico es un método de contrastación de hipótesis, que no pretende verificar sus hipótesis sino refutarlas. En esto consiste el **racionalismo crítico**, en demostrar que estamos equivocados (usando la lógica deductiva 🡪 Modus Tollens). Para el racionalismo crítico, la lógica sólo permite refutar hipótesis, no confirmarlas. Saber que hay hipótesis falsas acerca del mundo es saber algo. Esta es una **idea contraintuitiva** de la ciencia, nos cuesta aceptarla ya que equivaldría a admitir que la ciencia sólo puede aspirar a una **docta ignorantia**. Es difícil aceptar que las hipótesis exitosas no dicen algo positivo acerca del mundo.

Frente a esta dificultad, Popper admite la noción de “**grado de corroboración**”: tiene como base el apoyo evidencial. Debemos perseguir hipótesis mejor corroboradas. Mediante contrastaciones, los científicos se acercan a la verdad. Si no son falsadas, son corroboradas provisoriamente (pueden ser falsadas en el futuro).

Con lo dicho, podemos resumir las principales tesis del falsacionismo:

* El conocimiento parte de problemas.
* Las hipótesis surgen de la imaginación.
* En la contrastación, el único caso que garantiza la necesariedad lógica es la refutación.
* La investigación científica debe estar orientada a la refutación y no a la verificación/confirmación.
* El conocimiento científico está constituido por hipótesis falsables.
* Las hipótesis falsadas deben ser abandonadas, y las corroboradas solo aceptadas provisoriamente.
* La ciencia progresa a partir del error (único modo de acercarse a la verdad).
* Es “estrecha” o “ingenua” porque en los procesos de contrastación intervienen muchos factores y el error puede estar en cualquier lado y no sólo al final.

**El Postempirismo: el enfoque historicista de la ciencia**

La transición que llevó de la Concepción Heredada a la nueva epistemología postempirista, fue un cambio en la manera de concebir la naturaleza de la epistemología y la ciencia empírica. A diferencia del positivismo, el postempirismo no tiene en cuenta los factores para llegar a un producto ni se centra en las consecuencias observacionales o en la base empírica ya que no cree en la existencia de un mundo objetivo (hechos) sino subjetivo (interpretaciones). A diferencia del empirismo lógico y el racionalismo crítico que consideran que la ciencia se acerca a la verdad, para el postempirismo el progreso no es lineal, hay saltos (ruptura con la verdad 🡪 Kuhn).

Rasgos en común de la concepción tradicional de la ciencia (empirismo lógico y racionalismo crítico):

* Concepción de la ciencia como empresa nacional
* Comparte la visión de racionalidad como presencia central de algoritmo lógico en el contexto teórico.
* Contexto de justificación: ámbito científico (no así el de descubrimiento).
* Visión axiomática de la ciencia.
* Justificación de una teoría: remite a una base empírica externa e independiente de ella.
* El conocimiento científico tiene que ver con buscar la verdad (diferenciar enunciados V y F)

Pero la crisis de la concepción epistemológica tradicional, lleva a cuestionar varias de sus tesis fundamentales:

* Que la ciencia es un conjunto de enunciados empíricamente testeables y organizados en teorías científicas.
* La confianza en la capacidad lógica para explicar procesos científicos y su legitimidad a través de la reconstrucción del método científico.
* La creencia en el progreso científico y racionalidad lógica de los procesos de cambio de teorías.
* Ante una pluralidad de teorías existentes en un momento, sólo una de ellas debía poderse sostener legítimamente.
* La confianza en la experiencia como fundamento objetivo de la verdad científica.
* La creencia de que la ciencia es la única forma legítima de conocimiento humano.

Es muy clara la transformación de la imagen de la ciencia empírica a través de Kuhn:

* Las teorías dejan de ser un ejemplo de racionalidad objetiva; se convierten en un consenso racional tentativo en la comunidad científica
* Los hechos no son referentes externos de justificación sino definidos dentro del **contexto teórico** al cual pertenecen.
* Las decisiones sobre cómo tratar la dualidad teórico-observacional no pueden resolverse en términos lógico-algorítmicos.
* No se concibe como Popper a la ciencia como proceso de aproximación progresiva a la verdad.
* Misión de la epistemología postempirista: el examen del **proceso histórico** del conocimiento científico (ya no es la justificación de las teorías). Se ve a la ciencia como una actividad dinámica con elementos histórico-sociales decisivos. El querer elaborar una lógica de la ciencia estaba condenado al fracaso.
* Nueva epistemología: propone analizar las teorías como entidades en evolución.

Hay una concepción más amplia de la epistemología: no sólo se estudia el producto científico, las teorías, sino también los procesos científicos (la construcción de comunidades científicas, el procedimiento a través de los cuales se obtiene una teoría, las formas de asociación humana a partir de las cuales las teorías adquieren sentido y se controlan. No solo a través de experimentos, sino también mediante la crítica de la comunidad científica en congresos y publicaciones (doble procedimiento de control).

Si queremos caracterizar al postempirismo a través de un número de afirmaciones centrales, pero limitadas, podemos (siguiendo a Schuster), decir que:

* Se abandona la idea de que el estudio de las ciencias es el estudio de las teorías científicas.
* No podemos agotar nunca el objeto ciencia desde una de sus aristas (lógico-metodológica); el lenguaje no es un reflejo directo de la realidad
* Concepción amplia de la ciencia; idea subdeterminista de los datos y una teorías de la interpretación, que vuelve los ojos hacia la hermenéutica.
* Toda ciencia es hermenéutica en tanto exige una dimensión de interpretación.
* El acuerdo científico es posible sobre la base de que hay una serie de acuerdos básicos (filosóficos y metodológicos) que están en la base de teorías científicas.

**KUHN: cambio científico, paradigmas, inconmensurabilidad y mundo. Visión ampliada de la ciencia.**

* Representa la filosofía histórica de las ciencias; significa la ruptura de la concepción tradicional (empirismo lógico y racionalismo crítico). No rechaza el método deductivo (lógica), pero dice que hay otros elementos.
* Cada uno de los tópicos en que se apoyó la concepción tradicional serán atacados por Kuhn:
  1. La dicotomía contexto descubrimiento-justificación para el carece de sentido. Ni la lógica ni la experiencia son fundamentales para el desarrollo científico; este se apoya en factores de otra naturaleza: sociales, políticos e ideológicos. Pone en cuestión la tesis positivista de la neutralidad valorativa de la ciencia; proceso científico, los científicos comparten supuestos teóricos y conceptuales que condicionan la producción de sus propias teorías y su visión del mundo.
  2. La observación sí posee carga teórica. No hay enunciados de observación absolutamente neutrales, por eso la distinción teórico-observacional queda desdibujada. Si la observación de hechos está cargada de teoría, no hay tales hechos, sino sólo interpretaciones.
  3. Encontrar la verdad no es el objetivo de la ciencia para Kuhn. Encontrar la verdad no cumple ninguna función en la investigación científica (**atirrealismo**). Su obra es la gran ruptura con la verdad.
  4. En cuanto a la noción de progreso, rechaza la idea empirista de que se explique por reducción, porque la ciencia “progresa” a saltos bruscos; mediante “revoluciones científicas”.

**El cambio científico: la noción de paradigma**

Kuhn desarrolla el problema del **cambio científico**. Describe al desarrollo de la ciencia como un **proceso discontinuo** (no es acumulativo ni es un producto, como lo veían el empirismo lógico y el racionalismo crítico).

Antes de que una teoría se convierta en ciencia, hay una etapa caótica de **pre-ciencia**, donde no hay un consenso establecido ni una comunidad científica homogénea. Hay escuelas rivales, que explican los mismos fenómenos y pueden contradecirse. En un momento, aparece un **paradigma**, y se constituye una **comunidad científica**. Éste posibilita el pasaje a la ciencia madura (**ciencia normal**). Hay entonces dos instancias en el cambio científico: pre-ciencia (escuelas en pugna) y ciencia normal (establecimiento de un modelo para ver el mundo -nueva visión-; paradigma al que suscribe toda la comunidad científica y sobre eso se desarrolla la ciencia normal).

Pero, **¿qué es un paradigma?** Cotidianamente decimos que es algo que sirve de modelo para otros casos del mismo tipo. Pero realmente es un **conjunto de supuestos compartidos por una comunidad científica que guían la investigación normal**. Podemos decir que es una visión del mundo que debe ser suficientemente atractiva para llamar la atención a un grupo duradero de científicos, y suficientemente vago para caracterizar la actividad dentro de la etapa de la ciencia normal. El paradigma es inconmensurable, determina la experiencia y sólo se pone en discusión en una revolución científica.

Hay un paradigma cuando hay un consenso de toda la comunidad científica, ya que bajo el “gobierno” de un paradigma, toda la comunidad científica trabaja ciegamente. Hay uno único. Solo podrá haber paradigmas alternativos en una etapa siguiente a la de la ciencia normal: el **modo extraordinario de hacer ciencia** o **período revolucionario** (pase de un paradigma a otro).

Las primeras críticas a la concepción de Kuhn y su modelo de paradigmas estuvieron dirigidas a la equivocidad y vaguedad de la noción de “paradigma”. Esto se debe a que un paradigma está conformado por componentes heterogéneos: leyes, teorías, modelos, patrones, criterios, métodos, intuiciones, convicciones y prejuicios. Por ello, luego, Kuhn intenta darle precisión al término. Para ello distinguió dos sentidos: primero, uno global, y luego uno concreto y específico (ambiguo):

1. **El paradigma como matriz disciplinar**: La ciencia normal es realizada por una comunidad científica que comparte una matriz disciplinar común, que se adquiere implícitamente a través del proceso por el que alguien se convierte en científico (comparte un cuerpo de creencias, valores y técnicas). Su elemento principal son las generalizaciones simbólicas (leyes), además de otros 3 elementos: modelos, valores y principios metafísicos.
2. **El paradigma como ejemplar**: Los ejemplares son los componentes específicos de la matriz; son aplicaciones empíricas específicas del aparato formal que sirven como modelo-guía, soluciones a problemas concretos aceptados por la comunidad científica como modelos (modelos de aplicación de la teoría a los fenómenos). A través de ellos, se carga de contenido empírico a los términos de las generalizaciones. (Ejemplares: mismo papel que reglas de correspondencia para la concepción heredada).

* **3 etapas de producción científica y pre científica**
  + Pre-ciencia:
  + Ciencia normal:
    - Único período en el que podemos decir que hay un progreso acumulativo (= al positivismo lógico).
    - Investigación basada en una o más realizaciones científicas pasadas que alguna comunidad científica particular reconoce, durante cierto tiempo, como fundamento para su práctica posterior.
    - Investigación científica gobernada por un paradigma, que determina los problemas y sus modos de solución. Su objetivo es la resolución de enigmas. Los científicos comparten presupuestos y compromisos de índole conceptual (aceptando leyes), teórico-metafísico (acuerdos sobre entidades del universo), prácticos (aceptando instrumentos a utilizar y su modo de uso) y metodológicos (interés por la comprensión del mundo).
    - Practicada por una comunidad científica que posee en común un matriz disciplinar basada en un stock de ejemplares compartidos.

Los **enigmas** son problemas que tienen de antemano asegurada su solución. Su objetivo es lograr perfeccionar la aplicación del aparato teórico al ámbito de la experiencia y ajustar la base teórica (no se cuestionan los supuestos). Sin embargo, hay **anomalías**, experiencias que se resisten a subsumirse en el aparato teórico. Sólo se resuelven y desaparecen con un ajuste y un cambio de paradigma.

Las anomalías son las que crean nuevos paradigmas ya que causan las **crisis de sentido** dentro del paradigma vigente. En estas crisis se cuestionan los fundamentos de dicho paradigma. Las anomalías no pueden adaptarse a él, a diferencia de los enigmas, y por lo tanto en el caso de que surja un nuevo paradigma alternativo que resuelva las anomalías del primero, éste será el nuevo paradigma que determinará la nueva mirada sobre el mundo. El cambio de paradigma está causado por un convencimiento racional de los conservadores y los que quieren cambiar el paradigma antiguo, y no por un hecho en particular.

Cuando las anomalías son impenetrables a la resolución dentro de la ciencia formal, sobreviene una crisis, que da lugar a la perdida de fe en el paradigma. En esta crisis, se debilitan las reglas de resolución normal de enigmas, se cuestionan los supuestos-guías, se discuten los fundamentos y se comienzan a sentar las bases para instaurar un **nuevo paradigma**. Su surgimiento es repentino. Cuando se han organizado los nuevos supuestos y la comunidad científica ha adoptado la nueva perspectiva, se ha consumado una **revolución científica**, que inicia un nuevo periodo de ciencia normal.

* **Ciencia extraordinaria o revolucionaria:**
* Revolución científica: Episodios de desarrollo no acumulativo en los que un viejo paradigma es sustituido total o parcialmente por otro distinto incompatible con él. El cambio que se produce al aceptar una nueva matriz implica para la ciencia un cambio radical perceptual.
* Proceso de revolución: Existe un paradigma rival, y ella se consuma cuando el antiguo es reemplazado por otro incompatible con él.
* Las revoluciones científicas se inician con un sentimiento creciente de que un paradigma existente ha dejado de funcionar adecuadamente en la exploración de un aspecto de la naturaleza hacia el cual anteriormente había mostrado el camino
* El cambio de un paradigma a otro se da con técnicas de argumentación persuasiva: **persuasión y fe** (por eso a Kuhn lo acusan de irracional). Al elegir entre dos paradigmas que compiten entre sí, elijo entre modos incompatibles de vida en comunidad.
* Las **teorías** son generalizaciones simbólicas empíricamente interpretadas por los ejemplares. El desarrollo de la historia de las ciencias es un proceso de rupturas (cada revolución lo es).

**Inconmensurabilidad y mundo**

Kuhn explica el fenómeno de la **inconmensurabilidad** trazando una analogía con esa corriente. Sostiene que el cambio de un paradigma a otro acarrea un **cambio perceptual**. En la medida en que su único acceso para ese mundo se lleva a cabo a través de lo que ven y hacen, podemos decir que después de una revolución (con un cambio de paradigma), los científicos responden a un mundo diferente.

Si una teoría suplanta a otra, ambas no pueden ser lógicamente compatibles, porque difieren en sus estructuras conceptuales y perceptuales. Por eso son **inconmensurables** (incomparables e incompatibles).

Uno de los conceptos más llamativos de la tesis de la inconmensurabilidad de las teorías científicas está vinculado a los cambios del concepto de **mundo**. Encontramos 4 afirmaciones fundamentales (Gaete y Gentile):

1. Cuando cambian los paradigmas, el mundo cambia con ellos.
2. Después de una revolución, los científicos responden a un mundo diferente,
3. Aunque el mundo no cambie con el cambio de paradigma, el científico trabaja en un mundo diferente.
4. Sea lo que fuere que puede mirar el científico después de una revolución, está mirando el mismo mundo.

Las dos primeras afirmaciones nos muestran a un Kuhn **idealista**: la realidad depende del sujeto que la conoce. El científico trabaja sobre el mundo que conoce (un mundo, el propio), y el único acceso a la realidad es a través de lo que ve y hace, desde su paradigma. Las dos últimas afirmaciones nos muestran a un Kuhn **realista**: la realidad es independiente del conocimiento del sujeto, y lo que conocemos de la realidad depende del sujeto.

Con esto, Kuhn no niega que exista un mundo único pero sostiene que la investigación sólo es posible dentro de un determinado contexto: el paradigma, que condiciona el conocimiento que se produce.

Lo que ve un hombre depende tanto de lo que mira como de lo que su experiencia visual y conceptual previa lo ha preparado para ver. La percepción del mundo varía de un paradigma a otro (de lo que podemos ver, la visión depende del paradigma al que suscribimos), por eso Kuhn rechaza que se pueda acceder a las cosas como son en sí mismas mediante el conocimiento científico. La búsqueda de la verdad (objetivo positivista) está fuera de lugar. El **único mundo** al que se puede acceder es a nuestras interpretaciones del mundo, a través del paradigma.

Una consecuencia de las nociones de Kuhn de paradigma e inconmensurabilidad estriba en su concepción del **progreso científico**. Si los paradigmas son inconmensurables entre sí, y el pasaje de uno a otro no responde a criterios lógicos (racionales) que permitan decidir cuándo uno es mejor que otro, los motivos que conducen al abandono de uno y la aceptación de otro parecen quedar fuera de las cuestiones racionales. De esta manera, si el cambio no obedece a criterios objetivos, ello conduciría a la negación de la idea de progreso. Sin embargo, a juicio de Kuhn, el progreso no se manifiesta exclusivamente en el marco de la ciencia normal, (en el proceso acumulativo de resolución de enigmas), sino que la ciencia progresa a través de revoluciones.

El progreso es un acompañante universal de las revoluciones científicas porque las revoluciones concluyen con una victoria total de uno de los dos campos rivales. El resultado de la revolución debe ser el progreso.

* **Para Kuhn, la noción del progreso puede verse desde dos perspectivas:**
  + En la ciencia normal: Opera por acumulación (criterio dado por la resolución de enigmas)
  + En el modo revolucionario: Asociada a la noción de paradigma. La ciencia progresa a saltos bruscos. No toma nada del paradigma anterior. La evolución no es teleológica, es decir, hacia un fin, sino que (como Darwin) el progreso es la capacidad de resolver problemas. Su noción del progreso sigue un criterio sociológico: ligado al sentimiento de la comunidad científica.
* **Criticas a Kuhn:**
  + Es dudoso que la ciencia normal se dé realmente, y de esa manera persistentemente (**Toulmin**).
  + La distinción entre ciencia normal e investigación extraordinaria retiene un genuino interés, no aplicable adecuadamente a todas las ciencias (**Popper**)
  + La descripción del “científico normal” es la de un sumiso y lamentable sin espíritu crítico que no pone en cuestión jamás la doctrina dominante (**Popper**)
  + La idea de que el conflicto revolucionario entre matices disciplinares inconmensurables no puede resolverse mediante argumentación lógica convierte a la ciencia en una empresa irracional y a la aceptación de teorías en una empresa subjetiva. (**Scheffler**)
  + Existe una contradicción entre la tesis de inconmensurabilidad e incompatibilidad de teorías rivales. Si los paradigmas no se pueden comparar, no puede haber competencia entre ellos. Si dos doctrinas no se pueden comparar, entonces ambas pueden coexistir en paz (**Watkins)**
  + El hecho de que los datos observacionales sean relativos a una matriz disciplinar deja a la ciencia desprovista de base fáctica objetiva. Si la matriz configura los datos, el mundo empírico no puede controlar las afirmaciones de la ciencia. (**Scheffler**)
  + No existe en Kuhn un análisis del concepto de significado, ni formula criterios exactos para constatar el cambio de significado. (**Achistein, Shapere, Scheffler**)
  + Su teoría de los paradigmas fue elaborada para las ciencias naturales, diciendo que no se aplicaba a las sociales (estas según él estaban en una etapa de pre-ciencia). La producción de conocimiento de las ciencias naturales se funda en la práctica de la ciencia normal y ciencia revolucionaria.

Concluimos el tratamiento de las corrientes epistemológicas contemporáneas con la teoría de los paradigmas y las revoluciones científicas de Kuhn, principal exponente de la denominada “nueva filosofía de la ciencia”. Para él, las teorías forman parte de una estructura contenedora denominada **paradigma**, sólo se ve aquello que resulta significativo a la luz de las teorías del paradigma, lo demás pasa desapercibido. De tal modo, al no haber una base empírica neutral, no hay argumentos lógicos de comparación entre teorías pertenecientes a paradigmas rivales (tesis de la inconmensurabilidad); la aceptación y el rechazo de teorías no obedece a ninguna racionalidad lógica sino a un consenso racional tentativo por parte de los miembros de la comunidad científica. Kuhn rechaza la distinción tajante entre contexto de descubrimiento y contexto de justificación, propia de la filosofía clásica de la ciencia, y enfatiza el abordaje social e histórico de los procesos de gestación de las teorías. Para él, el progreso de una disciplina científica no es un proceso de aproximación a la verdad como lo concebía Popper.

Para él, el cambio científico se da dentro de un proceso discontinuo y no acumulativo; discontinuo porque hay etapas bien diferenciadas: ciencia normal, crisis y revolución científica, y, acumulativo, porque producida una revolución científica (cambio de paradigma), los conocimientos fundamentales del paradigma anterior no pasan al nuevo. Para Kuhn, un nuevo paradigma no se construye sobre la base del anterior sino que adopta un rumbo totalmente nuevo. Al tratar la etapa de ciencia normal, en la cual está vigente un único paradigma, etapa de resolución de enigmas sin novedades fácticas, comprendemos que este es el único momento en donde hay progreso acumulativo. La aparición de numerosas y reiteradas anomalías graves nos pondrá ante la presencia de la noción kuhniana de crisis del paradigma, con la consecuente pérdida de fe por parte de la comunidad científica en sus teorías y la oportuna aparición de un paradigma alternativo, que contará cada vez más con las simpatías de dicha comunidad, nos permitirá comprender cómo se produce una revolución científica que desembocará en el establecimiento de una nueva etapa de ciencia normal. Este proceso, para él, carece de racionalidad lógica (el cambio de paradigma obedece a la racionalidad social e histórica). Podemos apreciar que esto no significa falsedad de las teorías del viejo paradigma ni verdad de las del nuevo. Sólo se trata de que el nuevo paradigma sea capaz de resolver aquellos problemas que el anterior no podía. Por ello, decimos que no hay aproximación a la verdad.

Kuhn da dos sentidos al término paradigma, es decir al marco conceptual consensuado y compartido por una comunidad científica: matriz disciplinar (estructura formal abstracta), y ejemplares (casos de aplicación empírica del aparato formal que sirven como modelos para la resolución de problemas concretos).

Entre las críticas a Kuhn rescataremos la de relativismo y la de irracionalismo. Él ha respondido a muchas de sus críticas en escritos posteriores, a veces rechazando o aceptando las críticas, total o parcialmente, modificando o suprimiendo algunas de sus posturas iniciales.

**Lakatos, el “falsacionismo sofisticado”**

Falsacionismo sofisticado: Versión más adecuada a la ciencia real. Toma elementos de Popper y Kuhn, y se postura como un punto intermedio entre ambos para reconstruir la racionalidad. Lakatos, como Kuhn, representa la “concepción histórica de la ciencia”, pero mantiene la racionalidad (como Popper). Sigue su camino y rechaza toda concepción justificacioncita, en el sentido de que se pueda probar la verdad. Se opone a un justificacionismo racional (Descartes), a un justificacionismo empirista (Locke), y a la visión del inductivismo estrecho y sofisticado.

Lakatos analiza el falsacionismo y distingue 3 tipos o formas (ya presentes en Popper):

1. Falsacionismo dogmático (Popper 1) 🡪 Para Lakatos éste nunca existió (Popper no escribió sobre esto)
2. Falsacionismo ingenuo (Popper 2) 🡪 Popper
3. Falsacionismo sofisticado (Popper 3) 🡪 Lakatos

Las características básicas del falsacionismo ingenuo de Popper:

* Postura parcialmente convencionalista restringida a enunciados básicos (base empírica) y ligada al método de falsación. En la investigación científica es necesario adoptar decisiones metodológicas. Se admite que todos los enunciados de la ciencia son teóricos.
* Establece reglas de rechazo para teorías probabilistas por su inflamabilidad.
* Su falabilismo, es decir, la tesis que sostiene que todas las teorías pueden ser falsas.
* Sostiene que cuando una teoría resultara falsa, debe rechazarse. No hacerlo es una actitud irracional.
* Una teoría es científica si cuenta con una base empírica, o sea, con un conjunto de refutadores potenciales.

Para Lakatos, esta versión del falsacionismo posee dificultades:

* Muestra un grado excesivo de convencionalismo.
* Muchos episodios de la historia deberían ser calificados como “irracionales”: demasiado lentos o apresurados han estado muchas veces los científicos en el rechazo o aceptación de teorías.

Lakatos propone superar estas dificultades, reformulando los componentes del falsacionismo ingenuo, proponiendo una versión refinada del falsacionismo (**falsacionismo sofisticado**) que siga dos criterios:

* Las contrastaciones no son sólo un enfrentamiento entre teoría y experimentación (como sostienen las versiones ingenuas) sino que son al menos un triple enfrentamiento entre teorías rivales y experimentación.
* No es cierto que el único resultado interesante de la contrastación sea la falsación, sino que algunos experimentos interesantes resultan de la confirmación más que de la falsación.

Estos dos principios sostienen que no hay juego científico si no se da el enfrentamiento entre dos o más teorías rivales. La confirmación no es un regreso a las metodologías justificacioncitas del inductivismo, porque Lakatos descarta la pretensión de encontrar una base infalible del conocimiento. El valor de las refutaciones depende del éxito de la teoría rival. La concepción falsacionista justificada traslada el centro de atención de los méritos de una sola teoría a los de teorías enfrentadas. Ya no nos preguntamos si la teoría es falsable (falsacionismo ingenuo) sino: **¿es la teoría propuesta más falsable que su rival?** Las teorías no se analizan de manera aislada sino integradas en una secuencia de teorías que comparten algo en común: el **núcleo**.

Una teoría es **científica** (para el falsacionismo sofisticado) si tiene más contenido empírico corroborado que su rival. Una teoría sólo puede ser falsada por otra teoría (ni por observación ni por experimentación). No hay falsación sin que surja una teoría mejor. Una teoría no puede ser reemplazada por cualquiera, sino por aquella que incluya principalmente los mismos elementos, pero que luego la supere al realizar predicciones exitosas.

La unidad de análisis de Lakatos es un **programa de investigación científica (PIC)**, una sucesión de teorías emparentadas (T1, T2, T3… Tn), que se van generando una a partir de la otra. Tienen en común un conjunto de hipótesis fundamentales que forman un **núcleo firme o central,** el cual es irrefutable ya que ningún experimento u observación podrán falsar las hipótesis que componen este núcleo. Los PIC pueden comunicarse entre sí, por lo tanto Lakatos rechaza la inconmensurabilidad.

Estos programas son secuencias de teorías emparentadas en el tiempo, donde cada teoría nueva surge a partir de un proceso de ajuste de teorías anteriores de dicha sucesión. Su característica definitoria es su **núcleo central**, formado por hipótesis teóricas generales que constituyen la base del programa. Éste es infalsable, y protegido contra la refutación por un **cinturón protector** de hipótesis auxiliares, que pueden ser modificadas o reemplazadas para evitar la falsación de hipótesis nucleares y para lograr el ajuste entre la teoría y los resultados experimentales.

Existen reglas que poseen los PIC y que guían las transformaciones, denominadas **“heurística”** (que dan lugar a la infalsabilidad del núcleo y la posibilidad de modificación de hipótesis auxiliares). Es un conjunto de reglas que sugieren cómo manejar los enigmas científicos. Existen dos tipos de estas reglas:

* **Heurística negativa**: Consiste en la exigencia de que durante el desarrollo del programa el núcleo duro no se modifique (nos dice qué se debe evitar).
* **Heurística positiva:** Indica a los científicos qué deben hacer; indica las transformaciones a realizar en el cinturón para resolver las anomalías y transformarlas en ejemplos corroboradores e indica como encauzar la investigación para que conduzca al descubrimiento de nuevos hechos. Puede prescindir de la contrastación empírica mientras el programa de investigación no haya hecho progresos claros.

Siempre puede desviarse la falsación hacia otra parte de la red de supuestos. Los científicos, pueden construir escudos protectores contra las anomalías e ignorar los casos que refutan la teoría principal, diciendo que son fenómenos que no vale la pena estudiar. Se espera que el pronóstico tenga algunos éxitos que determinan el **carácter progresivo**. Cuando no se puede predecir fenómenos nuevos por un tiempo, el programa se torna **degenerativo**.

**Progreso y cambio científico: la historia de la ciencia**

Lakatos rechaza todo relativismo para justificar teorías. Sostiene que si no hay un criterio superior al de la comunidad científica para cambiar de una teoría a otra, no hay forma de evaluar una teoría a no ser evaluando el **número**, la **fe**, y **energía** de sus defensores. La verdad radica en la fuerza.

El desarrollo de la ciencia se manifiesta mediante dos tipos de cambios:

* **Interno:** Se produce al reemplazar una teoría por otra de la sucesión dentro de un mismo PIC (vendría a ser la ciencia normal de Kuhn).
* **Externo:** Menos frecuente; se da cuando en la competencia entre dos programas rivales, uno de ellos se impone sobre otro (revolución científica).

El cambio, a su vez, puede ser:

* **Progresivo:** Cuando cada teoría de la secuencia tiene un exceso de contenido empírico respecto de la anterior, que permite predecir nuevo hechos al mismo tiempo que conserva todo el contenido no refutado de la teoría anterior de la misma secuencia.
* **Regresivo:** Si su desarrollo teórico queda rezagado respecto de su desarrollo empírico (cuando el desarrollo empírico excede el teórico y debe aducir explicaciones post hoc de los hechos descubiertos por casualidad o anticipados por teorías rivales.).

Todo esto sucede al interior de un PIC por las modificaciones operadas en el cinturón protector. Así, una teoría esta falsada si se ha propuesto otra teoría (T´) en su reemplazo que tenga más contenido empírico que T, y al menos una parte del contenido empírico de T´ este corroborado.

En cuanto al cambio externo, las condiciones son similares: el estancamiento de un PIC (sus anomalías y desconfianza de algunos científicos), no tiene como consecuencia necesaria su abandono; la refutación no es instantánea. Solo la emergencia de un PIC nuevo capaz de superar al anterior dará lugar a la modificación del nuevo programa. La ciencia progresa a partir de la competencia entre programas de investigación. Un programa es mejor que otro si es más progresista, es decir que lleva a predicciones satisfactorias.

Lakatos le asigna un rol fundamental a la historia de la ciencia. Sostiene que toda ciencia es selectiva, y que la ciencia **racional** es la más aceptable**.** El concepto de razonabilidad tiene que ver con la logicidad: las decisiones son racionales si hay razones pura y lógicamente de la lógica deductiva. Para él, el progreso científico es racional si se lo entiende como una sucesión de los PIC en la que puede existir una variedad de competencia y se abandonan por otros en función de su éxito en resolver problemas de manera progresiva.

**La otra heterodoxia: las ciencias fácticas y el problema de la explicación**

La cuestión principal que se presenta como problemática radica en si entre los varios objetivos que se imponen las ciencias fácticas, todas tienen en común “explicar” tanto los fenómenos naturales como los sociales. Frente al explicacionismo de la concepción estándar (Popper), que sostiene una visión unitaria de la ciencia basada en las ciencias naturales, se opone el **paradigma hermenéutico o compresitivista**. Además, se cuestiona la objetividad y naturalidad tan mentada por el positivismo y la concepción heredada, que pone como molde y patrón metodológico de las ciencias sociales y naturales a las ciencias físico-matemáticas (idea de **unicidad**).

Las ciencias fácticas (naturales y sociales), pretenden explicar acontecimientos que tienen lugar en la experiencia; sus enunciados requieren más que coherencia lógica para ser aceptados. Se concluye por Giddens que toda ciencia es **hermenéutica** porque exige una dimensión de interpretación, no alcanza con la lógica.

La **problemática de la explicación en las ciencias fácticas** es una temática importante y compleja en la que confluyen varios debates y discusiones aún hoy abiertos. En este sentido, nos encontramos aquí con una serie de aportes realizados por filósofos y epistemólogos contemporáneos que buscan polemizar acerca del estatuto propio del método de justificación de las llamadas “ciencias humanas” o ciencias sociales -sin perder, desde ya, nada de su carácter científico-. Así, se origina lo que para la historia de la ciencia se conoce como la “**tensión entre monismo metodológico y pluralismo metodológico**”. La primera de estas dos posturas entiende que existe un único método aplicable a todas las ciencias fácticas -tanto naturales como sociales-, es decir, independientemente de cuál sea el objeto de estudio de cada una de las ciencias, la actividad científica se lleva a cabo a partir de una única metodología de investigación: ya sea se opte por el monopolio del método hipotético-deductivo o bien, por el método dialéctico (de allí que todo monismo metodológico conlleva algún tipo de reduccionismo). Por el contrario, en el caso del pluralismo metodológico nos encontramos ante una corriente epistemológica que afirma que para cada tipo de ciencia fáctica existe un método propio de justificación para sus hipótesis y/o teorías dependiendo éste de las peculiaridades de su objeto de análisis (ciencias naturales o ciencias humanas).

Concluyendo, en el caso de la explicación propiamente dicha se trataría de dar cuenta del por qué de los sucesos que se intenta analizar, mientras que en el caso de la comprensión es tarea suya describir, responder la pregunta acerca de cómo es que algo es o pudo ser posible. Según como nos posicionemos ante la pregunta que indaga cuál es el objetivo de la ciencia, nos inclinaremos por una o por otra: si es tarea suya explicar o describir.

**La “explicación” en las ciencias fácticas**

* Explanandum: Enunciado (describe un hecho) que requiere una explicación 🡪 enunciado a explicar
* Explanans: Enunciado que proporciona la explicación.
* Concepto de “explicación”: Caracterizar el explanandum y el explanans y explicitar la índole de la **relación explicativa** entre ambos.

Una de las presentaciones más reconocidas de los modelos de explicación científica es la de Nagel. Reconoce 4 modalidades. Para la concepción heredada, una forma de explicar fenómenos de la realidad era mediante leyes. Por eso a algunos modelos se los identifica como **modelos legaliformes o de cobertura legal**. Según éstos, un fenómeno es explicado cuando describe una regularidad, cuando es un caso de una ley científica. En este tipo de modelos, el explanandum tiene carácter de “esperable”, por cuanto el conocimiento de una ley contempla la ocurrencia de ese hecho. Los dos primeros modelos de explicaciones indicados anteriormente tienen estas características señaladas, sin embargo, entre ellos se pueden observar algunas diferencias. Las 4 modalidades son:

* **Explicación nomológico-deductiva (ND)**
  + Modelo legal: Contiene leyes de explicación. “*nomos*” = ley. La explicación es una deducción.
  + Fundamental para Hegel y Nagel, al punto que las otras formas de explicación serán pertinentes en la medida en que se aproximen a ésta (estadística) o que se puedan reducir a ésta (teleología y genética)
  + La explicación (explanans) de un enunciado E (explanandum) está integrada por 2 tipos de enunciados:
    - Las **condiciones iniciales o antecedentes** que describen circunstancias particulares iniciales en las que se produce el fenómeno descrito por el enunciado E (C1, C2,…Cn)
    - Las **leyes generales** que explican el fenómeno descrito en el enunciado E. (L1, L2,…Ln).
  + C y L actúan como premisas de una inferencia deductiva cuya conclusión es E
  + Esquema de la explicación deductiva:

L1, L2,…Ln

Explanans (lo que explica)

C1, C2,…Cn

-----------------

E Explanandum (lo explicado)

* + Ejemplo: “Un trozo de hierro, en un lapso dado, se dilata con el calor. ¿Por qué ocurre este fenómeno?”

Todos los metales se dilatan con el calor L (ley universal/general/abarcante)

Este trozo de hierro es un metal C1 (dato)

Por lo tanto, este trozo de hierro se dilata con el calor E (enunciado verdadero/hecho que sucedió)

* + Según Hempel, este tipo de explicaciones debe cumplir **condiciones de adecuación:**
    - 3 condiciones de adecuación de carácter lógico (relación lógica deductiva absoluta)
      * El explanandum debe ser consecuencia lógica del explanans (derivarse deductivamente)
      * El explanans debe contener al menos una ley general (de las que se deriva el explanandum)
      * Los enunciados que componen el explanans deben ser verdaderos (para poder derivar deductivamente de ellos el explanandum)
    - 1 condición de adecuación de carácter empírico:
      * Las condiciones antecedentes del explanans deben tener contenido empírico (describir fenómenos de la realidad) para vincular la ley con el explanandum.
* **Explicación estadística inductiva (EI)**
  + Estructura semejante a la explicación deductiva:

L1, L2,… Ln

Explanans

C1, C2,… Cn

------------------

E Explanandum

* + Sin embargo, se diferencia en dos aspectos:
    - Las leyes no son leyes generales de universalidad estricta sino **generalizaciones estadísticas.**
    - La **doble línea** que indica que las premisas apoyan a la conclusión con una **probabilidad p** (numero probabilístico comprendido entre 1 y 0)
  + La conclusión no se deduce de las premisas, no se implica lógicamente el explanandum del explanans, sólo le otorga cierta **probabilidad**. El valor numérico de la variable p constituye la fuerza de ese apoyo (muy probable-poco probable o apoyo inductivo fuerte-apoyo inductivo débil).
  + Ejemplo:

La mayoría de las infecciones con estreptococos remiten al tratarse con penicilina (L)

Juana tenía una infección por estreptococos (C1)

Juana recibió un tratamiento con penicilina (C2)

------------------------------------------------------------------------------------------------------------- p= 0.9

Dadas L y C se espera un cierto **grado** de E

Por lo tanto, Juana se recuperó rápidamente (E)

* **Explicación genética (G)**
  + Se explica un hecho histórico señalando una sucesión de hechos anteriores, para que integren un proceso que termina en el hecho a explicar (sólo se registran los hechos de relevancia en el desarrollo del proceso).
* **Explicaciones teleológicas (T): intencional y funcional**
  + Se intenta explicar un hecho que ocurre en el presente en virtud de algo que ocurrirá en el futuro.
  + **Intencional:** El enunciado a explicar implica una acción y su explicación se justifica en virtud de un comportamiento deliberado, intencional.
  + **Funcional:** Hace referencia a objetivos que no suponen un objeto con intención, sino supone un objeto, artefacto, órgano de los que se puede decir que cumplen una determinada función.

Si retomamos la presentación de los cuatro modelos explicativos ya presentados, podemos ver como los dos primeros, en la medida en que se basan en estructuras derivativas apoyadas en algún tipo de ley, son más afines a una posición científica que busca explicar los hechos; mientras que las dos últimas, revelan una afinidad notable con la posición que encuentra en la ciencia la tarea de describir (y ello en tanto reconoce en la voluntad y la libertad la peculiaridad que permite comprender las acciones humanas). Desde ya que ambas modalidades son igualmente legítimas de cara a la investigación científica y sólo varían en la manera en la que la llevan adelante.

**Capítulo 7 – Modelos Científicos**

**Clase + Libro**

La noción de modelos puede servir para entender mejor la construcción de teorías y sus dificultades, para evadir los peligros de una visión ingenuamente realista que suponga que el científico trata con “teorías verdaderas”.

Tres etapas sobre la noción de modelo:

**Concepción Heredada:** Para ellos, las teorías empíricas eran cálculos axiomáticos interpretados (en el sentido de la lógica formal). En este contexto, un modelo era una entidad menor, carente de interés: podía ser reducido a un sistema (estructura), convirtiéndose en un modelo de esa teoría después de un proceso de interpretación.

**Kuhn:** Propuso centrarse en otra cara central de la idea de modelo, y así formuló el constructo de “ejemplar”, que puede ser entendido con un modelo científico a imitar en la búsqueda de nuevas respuestas a los problemas que se investigan.

**Concepción semántica y modelo-teórica:** Estructuralismo mateteórico. Grupo de epistemólogos que rompen con la epistemología clásica (Concepción Heredada). Los modelos son el centro de la parte “aplicativa” de una teoría, constituyen un conjunto o clase que puede ser caracterizado por leyes científicas de esa teoría. Para ellos, una teoría se caracteriza por determinar un conjunto de modelos, y no un conjunto de enunciados como sostiene la Concepción Heredada. La determinación de los modelos se realiza mediante una serie de principios leyes que deben determinar qué entidades son las que se comparten en el modelo de acuerdo a la teoría. Una teoría debe determinar una clase de modelos a través de sus leyes para algo. *“Los términos o conceptos son teóricos, y las entidades son observables o inobservables.*” Mantienen un cierto formalismo para analizar las teorías científicas.

Estudiaron en profundidad los aspectos lógicos y lingüísticos del conocimiento científico. Sostienen que *“lo que identifica a una teoría no es lo que se dice en ella sino el modelo que la determina”,* y por lo tanto el foco de su análisis no son los recursos lingüísticos. Además, para ellos “*presentar una teoría es presentar modelos*”, para dar cuenta de un fenómeno. Sin embargo, no rechazan por completo los enunciados porque la teoría y los modelos necesitan un lenguaje para ser representados. Para estos epistemólogos la **discusión sobre el status de la verdad** es un aspecto secundario, porque no tiene sentido preguntarse por la verdad o falsedad de un modelo, ya que la elección sobre los modelos las hacen los investigadores sobre cuestiones que trascienden el análisis semántico.

**El “sentido común epistemológico”**

Así como pueden detectarse ideas pre-científicas en el área de la física o de otras disciplinas científicas, también puede comprobarse que los alumnos se enfrentan al aprendizaje de ciencias desde ciertos preconceptos acerca de la propia actividad científica, su evolución y sus resultados. Este "sentido común epistemológico" combina elementos del **empirismo-inductivismo** con aspectos del **positivismo lógico**; pero, en general, se manifiesta como una concepción mucho más ingenua. Según esta perspectiva acrítica, la observación imparcial de los hechos es la fuente de todo conocimiento; tales hechos constituyen la base neutral sobre la que se funda la ciencia. La actividad científica consiste en la aplicación sistemática del "método científico", comúnmente asimilado al método inductivo, que permite obtener generalizaciones empíricas a partir de los datos observados; dichas generalizaciones se convierten en leyes al ser verificadas empíricamente, y a partir de ese momento permiten, por vía deductiva, la predicción de fenómenos particulares. A su vez, la ciencia es concebida desde una posición realista ingenua: las teorías científicas describen el mundo tal como es en sí y, por tanto, son descubiertas y no creadas. En consecuencia, la ciencia es **objetiva y neutral**, independiente de factores históricos; su evolución es lineal y acumulativa, y progresa siempre hacia su meta (que es el descubrimiento de las teorías verdaderas).

Lamentablemente, este sentido común epistemológico se encuentra tan arraigado en la comunidad científica y educativa que suele manifestarse recurrentemente en numerosas obras tanto de formación como de divulgación científica. Por ejemplo, **Young** afirma: “*El proceso de establecer una ley general en función de un número limitado de observaciones se denomina inducción. Una vez establecida la ley general, puede utilizarse para predecir los resultados que se vayan a efectuar posteriormente, mediante un proceso de deducción. El punto fundamental es que el proceso de desarrollo de una nueva teoría física, es siempre un proceso de dos direcciones que empieza y acaba con observaciones de los fenómenos físicos*”. También, **Serventi** asegura que “*la física, siendo una ciencia, emplea el ‘método científico experimental inductivo’, el cual se basa en la observación, que consiste en detener la atención en el fenómeno sin modificar las condiciones en que el mismo se produce, y en la experimentación, que es la repetición del fenómeno variando, si es necesario, las circunstancias que lo acompañan”.*

En el ámbito de la historia de la ciencia, estos preconceptos epistemológicos conducen al "**enfoque whig**", que consiste en imponer al pasado los patrones del presente y evaluar la ciencia de otras épocas con referencia al conocimiento actual. Desde este punto de vista, **Cohen** afirma: *“La ciencia se acumula, crece. Esto la contrasta tajantemente con otros aspectos de la cultura humana. Una escultura de Miguel Ángel, no es menos hermosa que una de Henry Moore hoy. Pero la visión científica de Galileo y Newton es menos comprensiva, menos exitosa, menos verdadera, que la de Einstein”.* Nuevamente, Young nos proporciona un excelente ejemplo; considerando que el método empírico conduce inexorablemente a las verdades definitivas de la ciencia, el autor infiere que la única explicación de los “errores” de Aristóteles debe fundarse en su extremo racionalismo: *“los filósofos de la antigua Grecia confiaban en sus esfuerzos en busca de la verdad, más en la razón que en la observación. Aristóteles consideraba que la ayuda que prestaban los experimentos para entender el mundo físico era pequeña”*.

**Galileo y el péndulo ideal**

Este episodio de la historia de la ciencia puede servir para resolver en qué medida la carencia de una adecuada formación epistemológica por parte del docente puede originar dificultades en la enseñanza. Una de las ideas pre-científicas más profundamente arraigadas en los estudiantes es la que se refiere a la estrecha relación causal entre fuerza y movimiento: la acción de fuerzas es lo que causa movimiento. Algunos autores presentan tal preconcepto bajo la forma *“movimiento implica fuerza”,* a fin de expresar la idea según la cual, si existe movimiento, es porque ha existido necesariamente una fuerza que lo ha producido. A partir de este preconcepto básico, los estudiantes, en general de un modo espontáneo e incluso inconsciente, suelen extraer diversos corolarios respecto de la relación entre fuerza y movimiento. Por ejemplo: a) si no hay acción de fuerzas, no hay movimiento; b) la fuerza tiene la misma dirección y sentido que el movimiento en la medida en que es su causa; c) los cuerpos pesados caen más rápido que los más livianos; d) los cuerpos que se dejan caer desde un móvil, caen siempre "verticalmente".

Desde su ingenuidad epistemológica, el docente pretenderá que sus alumnos “observen” la manifestación empírica de un principio y, a partir de la paciente observación, consigan inferirlo inductivamente. Pero el mundo de nuestra experiencia cotidiana es demasiado reticente a brindar tales resultados. Frente a tales dificultades, el docente pondrá en funcionamiento todo su arsenal de aparatos especialmente diseñados para la ocasión. Así los estudiantes se internan en un extraño mundo donde las cosas comienzan a comportarse sólo aproximadamente, como sostiene el profesor. En el más favorable de los casos, el docente logrará convencer a sus alumnos de la validez del principio de inercia en las experiencias realizadas en el laboratorio. El estudiante se convierte, así, en el habitante de un mundo escindido en dos ámbitos estancos entre sí: el **mundo cotidiano** donde siguen siendo válidos sus preconceptos, y el **mundo de la física**, donde con mucho esfuerzo es posible “observar” las manifestaciones de los principios newtonianos. Es decir, el estudiante termina por adherir a una nueva versión de la vieja doctrina medieval de la doble verdad, donde ahora la fe no es ya el camino a la verdad revelada, sino que debe conducir a las verdades definitivas de la ciencia que escapan a la experiencia cotidiana.

En su artículode Galileo, **Michael Matthews** relata un episodio histórico acerca de la formulación de la isocronía del péndulo. Si bien Galileo consideraba su “descubrimiento” como esencial para el conjunto de su nueva física, la isocronía del péndulo fue vigorosamente resistida por Guidobaldo del Monte, quien insistía que los péndulos, en realidad, no son isócronos; los más livianos y los más pesados no tienen el mismo período, como así tampoco los de diferente longitud. Además, todos los péndulos terminan por detenerse luego de un n° suficiente de oscilaciones. Galileo replicó que tales resultados se referían únicamente a **péndulos reales**, pero que si se estudiasen los **péndulos ideales**, donde la fricción, la resistencia del aire y el peso de la cuerda no existen, entonces ciertamente se encontraría que son isócronos. Tal argumento nunca fue aceptado por del Monte, convencido de que la física debía versar sobre el mundo real y no sobre un supuesto mundo ideal sin resistencias ni rozamientos.

A veces, la perspectiva ingenua del docente revela su incapacidad para reconocer la ruptura epistemológica con el sentido común que implica el pensamiento científico. Sólo una visión simplista y acrítica de la ciencia permite adjudicar a del Monte una ceguera empírica al negar la isocronía del péndulo: su concepción se encontraba ligada a la observación de los hechos.

**Los sentidos de la noción de modelo en ciencias**

Entre los científicos, tanto provenientes del ámbito de las ciencias fácticas como de las ciencias formales, es sumamente frecuente la referencia a los **modelos** de los cuales hacen uso sus respectivas disciplinas. Pero, también, los científicos suelen utilizar la misma palabra con diferentes significados. Por ello es conveniente distinguir su significado, y el que adopta en ciencias formales y en ciencias fácticas.

En **ciencias formales**, el término **modelo** posee un significado claro y preciso, ligado a la noción de **sistema axiomático**. Esta ciencia hoy en día es concebida como una disciplina que estudia la estructura y propiedades de cierto tipo de sistemas formales denominados "sistemas axiomáticos". Un sistema axiomático es un conjunto de fórmulas o **cuasi-enunciados** relacionados deductivamente entre sí de acuerdo con un sistema lógico subyacente; su condición de cuasi-enunciados se debe a su **carácter puramente sintáctico**: al carecer de referente semántico, también carecen de valor de verdad. La estructura deductiva del sistema se organiza a partir de ciertos cuasi-enunciados denominados "**axiomas**", punto de partida de las derivaciones lógicas; los cuasi-enunciados que resultan de tal proceso deductivo son los llamados "teoremas" del sistema axiomático.

Los sistemas axiomáticos carecen de propiedades semánticas debido a su carácter formal: las nociones de significado y verdad no le son aplicables. El aspecto semántico aparece cuando se brinda una interpretación al sistema: cuando se le asigna a cada término no lógico una referencia perteneciente a algún dominio de entidades (objetos, propiedades, relaciones, funciones) ya definidos. De este modo, los términos adquieren un significado y los cuasi-enunciados se convierten en poseedores de valor de verdad, esto es, posibles de ser V o F. Sólo cuando se ha introducido la dimensión semántica, puede definirse la noción de modelo en ciencias formales: un **"modelo" de un sistema axiomático** es una interpretación que convierte a los axiomas en enunciados V. Dado que la relación de deducción lógica transmite la verdad, el modelo convertirá en V también a los teoremas del sistema.

Esta definición precisa del concepto de modelo en ciencias formales debe distinguirse de la noción de modelo en las **fácticas**, donde su caracterización suele oscurecerse debido a la vaguedad y polisemia que presenta. Para esclarecer el panorama, conviene comenzar recordando que una **teoría científica fáctica** es un conjunto de enunciados articulados deductivamente de modo tal que todos los enunciados pertenecientes a la teoría pueden derivarse lógicamente de ciertos enunciados adoptados sin demostración (hipótesis de partida) con la ayuda de ciertos enunciados singulares (condiciones iniciales), que brindan la información indispensable sobre el material de trabajo. Las hipótesis de partida identifican la teoría, y de ellas se deducen las llamadas “**consecuencias observacionales**”, enunciados singulares cuyo testeo empírico permite la contrastación de la teoría.

Los científicos trabajan con **sistemas simplificados e idealizados**, que son entidades abstractas en las cuales se consideran como variables sólo los factores relevantes en el sentido indicado, o se suponen ciertas características de los objetos inobservables que componen el sistema. Tales sistemas abstractos son los que suelen denominarse **“modelos” del sistema real**. Esta elucidación del concepto de modelo en ciencias fácticas manifiesta que una teoría científica tendrá como referente directo, no al sistema cuyo comportamiento pretende describir, sino a un modelo de tal sistema. Pero aun cuando la teoría responda correctamente al modelo, su adecuación para ser aplicada al sistema real bajo estudio se evaluará en función de que los resultados deducidos para el modelo se aproximen, dentro de un margen de error considerado aceptable, a los resultados obtenidos empíricamente en el sistema real. Si tal es la situación, se considerará que la teoría ha quedado corroborada (en **términos popperianos)**, y que el modelo ha resultado adecuado para describir el fenómeno de interés en el sistema real considerado.

Pero la situación se complica cuando los científicos tienden a utilizar una noción sintáctica de modelo, aún en ciencias fácticas. Una teoría científica fáctica, en tanto conjunto de enunciados, puede ser despojada de su contenido semántico; de tal operación resulta, precisamente, un sistema axiomático. Si los cuasi-enunciados que juegan el papel de condiciones iniciales permiten adjudicar valores a ciertas variables involucradas en las ecuaciones axiomáticas, los teoremas del sistema axiomático permitirán adjudicar un valor a cada una de las variables incógnita. Tales teoremas son, precisamente, los cuasi-enunciados correspondientes a las consecuencias observacionales de la teoría, y el valor obtenido para cada variable incógnita representará, a través de una adecuada interpretación semántica, la magnitud cuantificada de una cierta propiedad del sistema bajo estudio. Esta estructura sintáctica es aquello que se suele denominar “**modelo matemático**” (cálculos + leyes o teoría + modelo), haciendo uso de una acepción del término "modelo" que no coincide ni con su significado en ciencias formales ni con su sentido primario en ciencias fácticas. A su vez, cada modelo matemático corresponde a alguna teoría matemática -**previamente desarrollada o deliberadamente formulada**- en el sentido de incluir términos y formas de inferencia pertenecientes a tal teoría. En algunos casos se denomina “modelo matemático” a la teoría matemática a la cual corresponde el modelo matemático -en sentido restringido- de dicha teoría fáctica. Lo que sucede en muchas ocasiones es que los científicos, en particular los físicos debido al uso permanente que hacen de la matemática, tienden a identificar la teoría fáctica con el modelo matemático a ella asociado. Pero un modelo matemático, en tanto estructura puramente sintáctica que articula cuasi-enunciados carentes de contenido referencial, no constituye aún una teoría fáctica; para convertirse en tal requiere de una interpretación semántica.

En resumen, al hablar de “modelo” en ciencias fácticas distinguimos tres niveles claramente diferenciados:

* El sistema real, cuyas regularidades la teoría fáctica pretende describir.
* El modelo fáctico, sistema abstracto que resulta de un proceso de modelización.
* El modelo matemático, que constituye la estructura puramente sintáctica de la teoría fáctica en cuestión.

Cuando una teoría fáctica es contrastada y no se obtienen los resultados previstos por ella, el problema puede deberse, no únicamente a que la teoría no describe adecuadamente el modelo fáctico -físico, biológico, etc., sino a la no pertinencia del modelo fáctico respecto del sistema real.

**Los modelos en ciencias fácticas**

Sin pretender brindar una clasificación exhaustiva, pueden mencionarse diversas operaciones que intervienen en la construcción del sistema abstracto que constituirá un modelo del sistema real bajo estudio:

* **Recorte del sistema:** se ignoran ciertos factores que intervienen en el sistema real debido a que se los considera irrelevantes a la luz de las hipótesis de partida de la teoría.
* **Simplificación del sistema:** se ignoran ciertos factores que intervienen en el sistema real debido a que se considera despreciable su incidencia frente a la de otros factores en la ocurrencia del fenómeno bajo estudio. Tanto esta operación como la anterior limitan el número de variables utilizadas en la descripción del sistema real, así como de las relaciones establecidas entre ellas.
* **Identificación por caso límite:** se asimilan fenómenos en principio diferentes sobre la base de concebir uno de ellos como "caso límite" del otro.
* **Postulación de entidades ideales:** se representan ciertos elementos del sistema real por medio de entidades abstractas, generalmente matemáticas o geométricas, para facilitar la descripción del fenómeno.
* **Postulación de estructuras**: cuando en la práctica resulta imposible determinar la naturaleza y propiedades de los elementos del sistema real bajo estudio, se postula una cierta estructura interna y se definen las relaciones entre los elementos de tal estructura.

Estas operaciones, que generalmente se combinan en la construcción de un modelo en ciencias fácticas, muestran la relación entre el modelo y el sistema real al que pretende representar. Entre ambos se establece una relación compleja, de sistema a sistema, donde algunas variables del sistema real pueden no aparecer en el modelo (ej como resultado del recorte y la simplificación del sistema real) y, algunas variables del modelo pueden no poseer su correlato en el sistema real (ej modelos que introducen entidades teóricas -no directamente observables-, cuyas propiedades no pueden ser determinadas por vía empírica en el sistema real). El único caso en el que debe mantenerse una correspondencia biunívoca entre variables del modelo y del sistema real es el de las variables que adquieren su valor por medición. Es la determinación empírica del valor de tales variables lo que permite evaluar, la "bondad" de la teoría y la adecuación del modelo respecto del sistema real en el aspecto que se pretende describir. Esta correspondencia holística entre modelo y sistema real se manifiesta en formulaciones de mayor nivel teórico.

Una cuestión que merece destacarse es que no existe "el" modelo de un dado sistema real, sino una **multiplicidad de modelos** según los factores considerados relevantes, la eventual postulación de entidades ideales y de estructuras, etc. La elección del modelo a utilizar depende del interés que mueva al científico en cada caso. Por lo tanto, dado un cierto sistema real no es posible considerar uno de sus modelos como "mejor" que otro en un sentido absoluto, sino sólo en relación a los objetivos. Existen, sí, modelos más complejos que otros, en el sentido de involucrar mayor cantidad de factores o estructuras más articuladas; pero esto no implica que deba preferirse el modelo de mayor complejidad en todos los casos. Por el contrario, en muchas situaciones los modelos más sencillos permiten describir de un modo conceptualmente más claro ciertos aspectos del sistema real bajo estudio.

La noción de modelo en ciencias fácticas, tal como aquí ha sido elucidada, contribuye a comprender mejor en qué sentido puede hablarse de los límites de aplicabilidad de una teoría científica. Supóngase un único sistema real representado por medio de dos modelos, a cada uno de los cuales se aplica una teoría científica diferente; nada impide que, dentro de la precisión requerida, dos teorías puedan resultar empíricamente corroboradas a través de sus respectivos modelos. En tal caso, el científico tenderá a trabajar con la teoría y el modelo más sencillos. Por lo tanto, la elección del par modelo-teoría a utilizar en cada situación depende de la precisión con la que se desee trabajar, y los objetivos de cada investigación. Una teoría inaplicable a ciertos modelos puede, no obstante, continuar siendo fructíferamente utilizada para otros modelos de un modo totalmente legítimo desde el punto de vista científico. La comprensión de este aspecto de la práctica científica conduce a abandonar la perspectiva ingenua que tiende a identificar las limitaciones de una teoría con "errores" a eliminar por medio de la aplicación de una teoría "mejor". Los límites de aplicabilidad de las teorías científicas vigentes deben considerarse como una de sus características constitutivas, y no como un "defecto" a ser superado con la evolución ulterior de la ciencia.

En conclusión, suponer que un estudiante acabará infiriendo los principios newtonianos en el laboratorio observando pacientemente, implica ignorar el concepto de modelización y olvidar que la semántica de una teoría científica no fija como referentes de sus términos los objetos percibidos por observación directa. Por el contrario, el **nexo entre teoría y realidad** siempre se encuentra mediado por algún modelo (tiene la capacidad de representar, es un intermediario entre el sistema real y la teoría). Incluso en el caso de las teorías científicas más ligadas a nuestra percepción cotidiana, la ontología que constituye su referencia no está conformada por los objetos empíricamente observables, sino por un mundo idealizado.

**Modelos, epistemología e historiografía**

El papel central que juega la noción de modelo en cs fácticas resulta relevante porque contribuye a abandonar las perspectivas epistemológicas e historiográficas acríticas que continúan apareciendo en la enseñanza de ciencias.

En primer lugar, la consideración de los modelos como mediadores indispensables entre teoría y realidad permite erradicar la visión realista ingenua acerca de la ciencia, según la cual la teoría científica es concebida como una "copia" de la realidad y su verdad se evalúa en función de la correspondencia entre ambas. Esto no significa que deba abandonarse todo tipo de realismo en favor de posturas instrumentalistas más o menos extremas. Quien prefiera mantener una visión realista de la producción científica podrá considerar que los modelos más complejos y que brindan una mayor precisión predictiva son aquellos que mejor describen una realidad independiente y objetiva. Pero la adopción de esta forma de realismo epistemológico no permite desconocer que la práctica efectiva de la ciencia es una compleja actividad que complementa postulación de teorías y construcción de modelos.

En 2do lugar, la noción de modelo ayuda a concebir el devenir histórico de la ciencia como un proceso que, lejos de ser lineal y acumulativo, presenta rupturas radicales irreductibles. No es necesario abandonar el realismo epistemológico y adoptar la tesis kuhniana de la inconmensurabilidad para reconocer una profunda modificación de los modelos generales a través de los cuales, en cada época, la comunidad científica concibe la realidad.

**Conclusiones**

Es muy importante una adecuada formación epistemológica de los docentes de ciencias. Tal requisito no se basa únicamente en el interés de mejorar la cultura general de los profesores, ni en suministrarles herramientas para “humanizar” la presentación de los contenidos científicos. La preparación de los docentes en la reflexión epistemológica influye en forma directa y decisiva sobre la calidad y los resultados del proceso de enseñanza.

La formación de los docentes en filosofía de la ciencia debe complementarse con una correlativa preparación en historia de la ciencia. Historia y filosofía de la ciencia son diferentes pero se encuentran vinculadas. “La filosofía de la ciencia sin historia de la ciencia es vacía, la historia de la ciencia sin filosofía de la ciencia es ciega.”

**Capítulo 9 – Ciencia y ética**

**Ciencia y valores. La tesis de la neutralidad valorativa en la mira**

Según la concepción popularmente aceptada, a partir del influjo de la larga tradición positivista, la ciencia es considerada como una actividad desinteresada y neutral, inocente de los efectos buenos o malos que pueden producir sus aplicaciones. Para esta concepción neopositivista, hay una división de “tareas” en la empresa científica entre lo que se considera **ciencia pura**, **ciencia aplicada** y **tecnología**. Para la corriente epistemológica que llamamos “**cientificismo**” (positivismo/empirismo lógico), el problema del buen o mal uso de los conocimientos científicos es un tema que afecta al contexto de aplicación y no a la producción de teorías.

El “vocero máximo de la neutralidad valorativa de las ciencias” (un representante de esta posición) es **Popper.** Es el máximo defensor de la ausencia de valores, por ello siempre trató de desubjetivar la ciencia y la epistemología, para que éstas sean objetivas y poder constituir una “epistemología sin sujeto cognoscente”. A parte de primer mundo de los hechos espacio-temporales y del segundo mundo de nuestras experiencias, hay un **tercer mundo popperiano**: el de las teorías, problemas, hipótesis y argumentos objetivos. Los valores quedan relegados únicamente al contexto de aplicación. Un discípulo de Popper, **Lakatos**, también defendió la neutralidad valorativa de la ciencia, porque sino sería irracional. Esta concepción atribuye responsabilidad a las aplicaciones sociales de la tecnología y a la toma de decisiones extra-científicas dejando afuera de la epistemología estas consideraciones.

La idea de una “ciencia buena” y sus “aplicaciones buenas o malas” será cuestionada en vista a otras alternativas desde donde revisar la compleja relación entre ética y ciencia.

Desde **Kuhn**, en cambio, puede verse que los valores extra cognitivos son constitutivos de la actividad científica. De esta manera, cuando Kuhn se interroga acerca de las características de una buena teoría científica, cita cinco criterios epistémicos (adecuación, consistencia, alcance, simplicidad y fructosidad) que funcionan como reglas pero sobre todo como **valores**. Este planteamiento llevó a la tradición a considerar que lo indicado por Kuhn era un atentado contra la objetividad científica. Sin embargo, para él no es así porque la tradición se refiere y transmite la historia real de la ciencia de manera inadecuada, una historia idealizada y reconstruida, donde se crea un contexto pedagógico que consiste en la ciencia tal como la presentan los libros.