

¿ Qué es la Ciencia?

Compilación de varios autores

Epistemología.

Este vocablo deriva del griego, *episteme*, "conocimiento"; *logos*, "teoría o estudio". La Epistemología es la rama de la filosofía que trata de los problemas asociados al proceso del conocimiento, también se la conoce como *teoría del conocimiento*. La epistemología se ocupa del significado, definición del saber y de los conceptos relacionados, de las fuentes, de los criterios, de los tipos de conocimiento posible y del grado con el que cada uno resulta cierto; así como de la relación entre el que conoce y el objeto conocido.

Durante el siglo V a.C., los sofistas griegos cuestionaron la posibilidad misma de que hubiera un conocimiento fiable y objetivo. Por ello, uno de los principales sofistas, Gorgias, afirmó que nada puede existir en realidad, que si algo existe no se puede conocer, y que si su conocimiento fuera posible, no se podría comunicar. Otro importante sofista, Protágoras, mantuvo que ninguna opinión de una persona es más correcta que la de otra, porque cada individuo es el único juez de su propia experiencia. Platón, siguiendo a su ilustre maestro Sócrates, intentó contestar a los sofistas dando por sentado la existencia de un mundo de "formas" o "ideas", invariables e invisibles, sobre las que es posible adquirir un conocimiento exacto y certero. En el famoso mito de la caverna, que aparece en uno de sus principales diálogos, La República; Platón mantenía que las cosas que uno ve y palpa son sólo las sombras, es decir son copias imperfectas de las formas puras que estudia la filosofía. Por consiguiente, para Platón, sólo el razonamiento filosófico abstracto proporciona un *conocimiento verdadero*, mientras que la *percepción conduce ideas y opiniones vagas e inconsistentes*. Por ejemplo, cuando hablamos de punto, la recta y en plano en geometría, no nos estamos refiriendo a ningún objeto real, no existe en este mundo ni un punto, ni un recta, ni un plano matemático. Estos son entes abstractos que en su forma pura solo existen en nuestra mente, en el mundo real podemos ver una línea que me evoca a la recta pero nunca veremos una recta. Así también el vocablo silla nos evoca un mueble que nos permite sentarnos. Sin embargo, las sillas reales que vemos en el mundo son todas diferentes. ¿Qué hay en todas esas realizaciones *imperfectas* de *sillas* que hacen que las reconozcamos como tales? Claramente no es su forma externa ni su función, algunas sillas ni siquiera sirven para sentarse, sin embargo claramente reconocemos las sillas que vemos. Según Platón todas las realizaciones de sillas que observamos en la realidad nos evocan la "idea de silla" que es un concepto abstracto que solo existe en nuestra mente o mejor aun, el concepto de silla existe en mundo de la ideas, al que solo podemos acceder a través de la introspección. Algo similar puede decirse sobre los conceptos del bien, del mal, de los números, del círculo, del triángulo, etc. Las sillas, círculos, triángulos, etc. que vemos en el mundo son una especie de sombras distorsionadas e imperfectas de las ideas puras, que observamos al mirar el fondo de la caverna. Así Platón concluía que la introspección filosófica al *mundo de las ideas* era la forma más adecuada de llegar a la verdad y el fin más elevado de la existencia humana.

Aristóteles en concordancia con Platón consideraba que el conocimiento abstracto era superior a cualquier otro, pero discrepó en cuanto al método apropiado para alcanzarlo. Aristóteles mantenía que casi todo el conocimiento se deriva de *la experiencia*. El conocimiento se adquiere ya sea por vía directa, con la abstracción de los rasgos que definen a una especie, o indirectamente, deduciendo nuevos datos de aquellos ya sabidos, de acuerdo con las reglas de la lógica. Por ejemplo, al concepto abstracto de silla, para Aristóteles, se llega por la observación de diversas sillas reales. Luego a través de la abstracción y generalización llegamos a la idea de silla, en el sentido platónico, pero la fuente de conocimiento, claro está es empírica. Aristóteles representa la corriente *empírico-racional* para llegar a conclusiones universales, parte de los *datos de los sentidos* y será la *Razón* quien articule estas informaciones. De este modo combinando la observación empírica con la abstracción, Aristóteles llega a una causa primera, origen y esencia de todos los objetos observados. Este método, esta forma de construir la Ciencia, se denomina *método inductivo*. Aristóteles desplazó el centro de gravedad de la reflexión, devolviendo al mundo material, repudiado por Platón, una entidad superior.

Para los seguidores del *racionalismo* (entre los que sobresalieron el francés René Descartes, el holandés Baruch Spinoza y el alemán Gottfried Wilhelm Leibniz) la principal fuente y prueba final del conocimiento era el razonamiento deductivo basado en *principios evidentes o axiomas*. En su Discurso del método (1637), Descartes inauguró el nuevo método que podía permitir alcanzar la certeza y el fundamento de la racionalidad. Un ejemplo paradigmático de esta aproximación al conocimiento lo constituye la geometría, que tiene en Euclides a unos de sus pioneros.

Para los principales representantes del *empirismo* (especialmente los ingleses Francis Bacon y John Locke) la fuente principal y prueba última del conocimiento era la percepción empírica. Bacon inauguró la nueva era de la ciencia moderna criticando la confianza medieval en la *tradición y la autoridad*, y aportando nuevas normas para articular el método científico, entre las que se incluyen el primer grupo de reglas de lógica inductiva formuladas. En su ensayo sobre el entendimiento humano (1690), Locke criticó la creencia racionalista de que los principios del conocimiento son evidentes por una vía intuitiva, y argumentó *que todo conocimiento deriva de la experiencia*, ya sea de la procedente del mundo externo, que imprime sensaciones en la mente, ya sea de la experiencia interna, cuando la mente refleja sus propias actividades. Afirmó que el conocimiento humano de los objetos físicos externos está siempre sujeto a los errores de los sentidos y concluyó que no se puede tener un conocimiento certero del mundo físico que resulte absoluto.

La navaja de Occam – Criterio de Parsimonia

"Las descripciones deben mantenerse lo más simples posibles hasta el momento en que se demuestre que resultan inadecuadas"

La navaja de Occam establece que al elaborar una teoría o explicación de un fenómeno, uno no debe hacer más suposiciones que las mínimas necesarias. Este principio filosófico se conoce también como *criterio de parsimonia*. Estas ideas están subyacentes en todo el pensamiento científico y filosófico. Es además muy útil a la hora de elaborar modelos explicativos.

Si se puede explicar el comportamiento de un fenómeno con pocas variables explicativas y si la teoría explicativa pertinente no es lo suficientemente fuerte para sugerir otras variables que deban ser incluidas, ¿porqué introducir más variables? Por ejemplo si un conjunto de datos puede ser explicada con una relación lineal, $y=ax+b$, que tiene solo dos parámetros (a y b), ¿Por qué usar un polinomio de 3^0 grado que tiene 4 parámetros ($y=dx^3+cx^2+bx+a$)? Por supuesto, no se deben excluir variables relevantes e importantes sólo para mantener simple la forma de un modelo matemático que describe el fenómeno en estudio.

“Lo bueno si breve dos veces bueno”

Guillermo de Occam (or Ockham) (El Doctor Invencible) Occam, Surrey c. 1285 - Munich c. 1349 Monje franciscano inglés, defensor del nominalismo y precursor del empirismo. Autor de Tractatus logicae y de Los Diálogos

<http://pespmc1.vub.ac.be/OCCAMRAZ.html>

<http://usuarios.lycos.es/Chultun/occam.html>

Ciencia formal y ciencia fáctica

(Fragmento de *La ciencia y su método* de M. Bunge⁸)

No toda la investigación científica procura el *conocimiento objetivo*. Así, la lógica y la matemática -esto es, los diversos sistemas de lógica formal y los diferentes capítulos de la matemática pura- son racionales, sistemáticos y verificables, pero no son objetivos ya que no nos dan informaciones acerca de la realidad: simplemente, no se ocupan de los hechos. La lógica y la matemática tratan de entes ideales; estos entes: números, puntos, rectas, ángulos, etc., son entes abstractos y sólo existen en la mente humana. A los lógicos y matemáticos no se les dan objetos de estudio: ellos construyen sus propios objetos. Es verdad que a menudo lo hacen por abstracción de objetos reales (naturales y sociales); más aún, el trabajo del lógico o del matemático satisface a menudo las necesidades del naturalista, del sociólogo o del tecnólogo, y es por esto que la sociedad los tolera y hasta los estimula. Pero la materia prima que emplean los lógicos y los matemáticos no es fáctica sino ideal.

Por ejemplo, el concepto de número abstracto nació, sin duda, de la coordinación (correspondencia biunívoca) de conjuntos de objetos materiales, tales como dedos, por una parte, y guijarros, por la otra; pero no por esto aquel concepto se reduce a esta operación manual, ni a los signos que se emplean para representarlo. Los números no existen fuera de nuestros cerebros, y aún allí dentro existen al nivel conceptual. Los objetos materiales son numerables siempre que sean discontinuos; pero no son números; tampoco son números puros (abstractos) sus cualidades o relaciones. En el mundo real encontramos 3 libros, en el mundo de la ficción construimos 3 platos voladores. ¿Pero quién vio jamás un 3, un simple 3? o al conjunto de números primos.

La lógica y la matemática, por ocuparse de inventar entes formales y de establecer relaciones entre ellos, se llaman a menudo *ciencias formales*, precisamente porque sus objetos no son cosas ni procesos, sino, para emplear el lenguaje pictórico, formas en las que se puede verter un surtido ilimitado de contenidos, tanto fácticos como empíricos. Esto es, podemos establecer correspondencias entre esas formas (u objetos

formales), por una parte, y cosas y procesos pertenecientes a cualquier nivel de la realidad por la otra. Así es como la física, la química, la fisiología, la psicología, la economía, y las demás ciencias recurren a la matemática, empleándola como herramienta para realizar la más precisa reconstrucción de las complejas relaciones que se encuentran entre los hechos y entre los diversos aspectos de los hechos; dichas ciencias no identifican las formas ideales con los objetos concretos, sino que interpretan las primeras en términos de hechos y de experiencias (o, lo que es equivalente, formalizan enunciados fácticos).

Tenemos así una primera gran división de las ciencias, en *formales* (o ideales) y *fácticas* (o materiales). Esta ramificación preliminar tiene en cuenta el objeto o tema de las respectivas disciplinas; también da cuenta de la diferencia de especie entre los enunciados que se proponen establecer las ciencias formales y las fácticas: mientras los enunciados formales consisten en relaciones entre signos, los enunciados de las ciencias fácticas se refieren, en su mayoría, a entes extracientíficos: a sucesos y procesos. Ejemplos de ciencias fácticas son: la física, la química, la biología, la economía, la geología, la medicina, etc.

El inductivismo: la ciencia como conocimiento derivado de los hechos de la experiencia - Positivismo

Hacia fines del siglo XIX y principios del siglo XX, se desarrolla en Europa (principalmente Viena) una corriente de pensamiento que tuvo gran aceptación y difusión conocida con el nombre de positivismo. Para los seguidores de esta corriente de pensamiento, el único conocimiento auténtico es el científico. En otras palabras, sólo tienen sentido y conducen a un conocimiento significativo y útil aquellos enunciados que son susceptibles de verificación empírica, o sea aquellos enunciados a los experimentos puedan revelar como verdaderos o falsos.

Esbozamos a continuación algunas de las afirmaciones características del positivismo:

- (a) *El objeto de la ciencia es la realidad externa, física, que existe con independencia de los procesos a través de los cuales llegamos a conocerla.*
- (b) *La realidad no funciona azarosa o caóticamente, sino que exhibe regularidad.*
- (c) *La ciencia es la única actividad humana que garantiza la verdad, la exactitud, la certeza, sobre esa realidad.*
- (d) *Las garantiza porque se atiene a los hechos observables, impidiendo la injerencia indeseable de prejuicios o preconceptos.*
- (e) *Las teorías científicas (que tienen una estructura deductiva) se desarrollan por generalizaciones sucesivas a partir de lo observado; por ello, el método propio de la ciencia es la inducción.*
- (f) *Las variables históricas, sociales y psicológicas (historia externa), aunque intervinientes, no son variables relevantes para determinar la verdad de las afirmaciones de la ciencia.*
- (g) *La ciencia progresa, y progresa por acumulación.*
- (h) *Los grandes episodios de la ciencia son producto del esfuerzo de inteligencias individuales.*

Con seguridad, todas y cada una de estas afirmaciones no están suscritas por todos y cada uno de los pensadores identificados como “positivistas lógicos”; pero, sin duda, este boceto incluye algunas de las tesis fundamentales que caracterizan esa tendencia de pensamiento.

Para el *inductivismo ingenuo*, la ciencia se inicia con la *observación*. Para ello se requiere que el observador científico tenga los órganos de los sentidos en condiciones normales y esté libre de prejuicios. A los enunciados a los que se llega mediante la observación se los conoce bajo la denominación de enunciados observacionales, de los cuales se derivarán, mediante la generalización, teorías y leyes que constituirán el conocimiento científico.

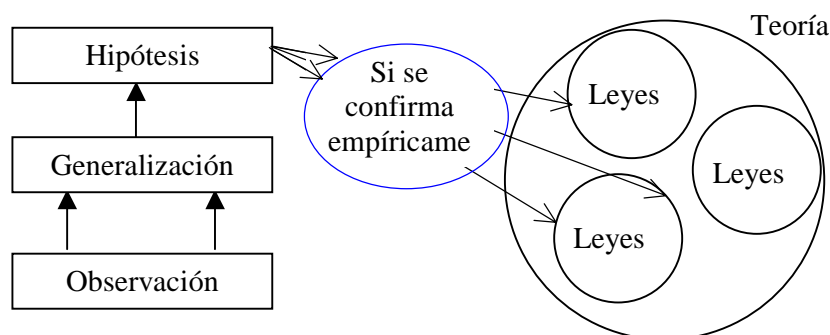
Podemos distinguir entre dos tipos de enunciados observacionales:

- (a) *los singulares*, derivados de la observación de un determinado fenómeno, en un determinado momento y lugar. *Si dejo caer la tiza que tengo en mis manos en este instante, caerá al suelo en 1 segundo*. Este es un enunciado particular, se refiere a la tiza que yo tengo en la mano, no a todas las tizas ni a todos los cuerpos.
- (b) *los generales*, que hacen referencia a todos los acontecimientos de un determinado tipo en todos los lugares y en todos los tiempos. *Todos los objetos, abandonados a sí mismo caerán con movimiento uniformemente acelerado*. Las leyes y teorías que forman el conocimiento científico son enunciados de este tipo, que se llaman universales.

Las condiciones que deben cumplir los enunciados observacionales singulares para establecer generalizaciones universales son tres y son las siguientes:

- a) Que el número de enunciados observacionales sea grande, vale decir, no es lícito establecer una generalización a partir de una sola observación. Se trata de una condición necesaria.
- b) Que las observaciones se repitan en una amplia variedad de condiciones.
- c) Que ningún enunciado observacional aceptado contradiga la ley universal derivada. *Ésta es una condición esencial*.

El tipo de razonamiento que nos permite ir de los enunciados singulares a los universales, es decir, de la parte al todo, se llama *razonamiento inductivo*, y el proceso, *inducción*.



Razonamiento deductivo

Una vez que se disponen de leyes y teorías universales, se podrán extraer de ellas consecuencias varias que servirán de explicaciones y predicciones –características ambas importantes de la ciencia-. El razonamiento empleado para obtener estas derivaciones se lo conoce con el nombre de *razonamiento deductivo*. La Lógica es la disciplina que estudia este tipo de razonamiento. *Cabe recordar que la lógica y la deducción por sí solas NO pueden establecer la verdad de enunciados fácticos, dado que puede haber deducciones válidas donde una de las premisas y la conclusión sean falsas.*

Para el *inductivismo*, la fuente de la verdad de un enunciado NO está en la lógica sino en la experiencia, en la observación. Tras el establecimiento de enunciados mediante la observación y la inducción, se puede deducir de ellos la predicción. El camino sería el siguiente: de la observación, mediante la inducción, se establecen leyes y teorías; de éstas mediante, la deducción, se derivan predicciones y explicaciones.

Para poder derivar enunciados particulares, de principios generales, en general es necesario indicar o precisar ciertas condiciones de partida o como suelen denominarse comúnmente, *condiciones de borde*. Por ejemplo si deseamos calcular cuanto tiempo tardará una piedra en llegar al suelo, es necesario indicar en que condiciones se realizará el experimento: altura inicial, velocidad inicial, condiciones del medio (aire o agua por ejemplo), etc.

El problema de la inducción

La validez y la justificabilidad del principio de inducción pueden ponerse en duda. En relación a la validez, se sostiene que las argumentaciones lógicas válidas se caracterizan por el hecho que si la premisa es verdadera, la conclusión debe ser verdadera. Esto es lo propio en las argumentaciones deductivas. Pero las argumentaciones inductivas no son argumentaciones lógicamente válidas. Podría darse el caso de conclusiones falsas con premisas verdaderas, sin que esto constituya una contradicción. Ejemplo: se observó en repetidas ocasiones y en variadas circunstancias cuervos negros. Pero no hay garantías lógicas que el próximo cuervo que se observe no sea rosa. Si así sucediera, la conclusión “todos los cuervos son negros” sería falsa. Respecto a la justificación, los inductivistas emplean la inducción para justificar la inducción –lo que constituye una definición circular y el denominado “problema de la inducción”-. La inducción no se puede justificar sobre bases estrictamente lógicas.

Si bien la inducción funciona en algunas ocasiones, presenta algunas desventajas:

- a) Determinar cuánto es “un número de enunciados observacionales grande”.
- b) Determinar cuánto es “una amplia variedad de circunstancias”.

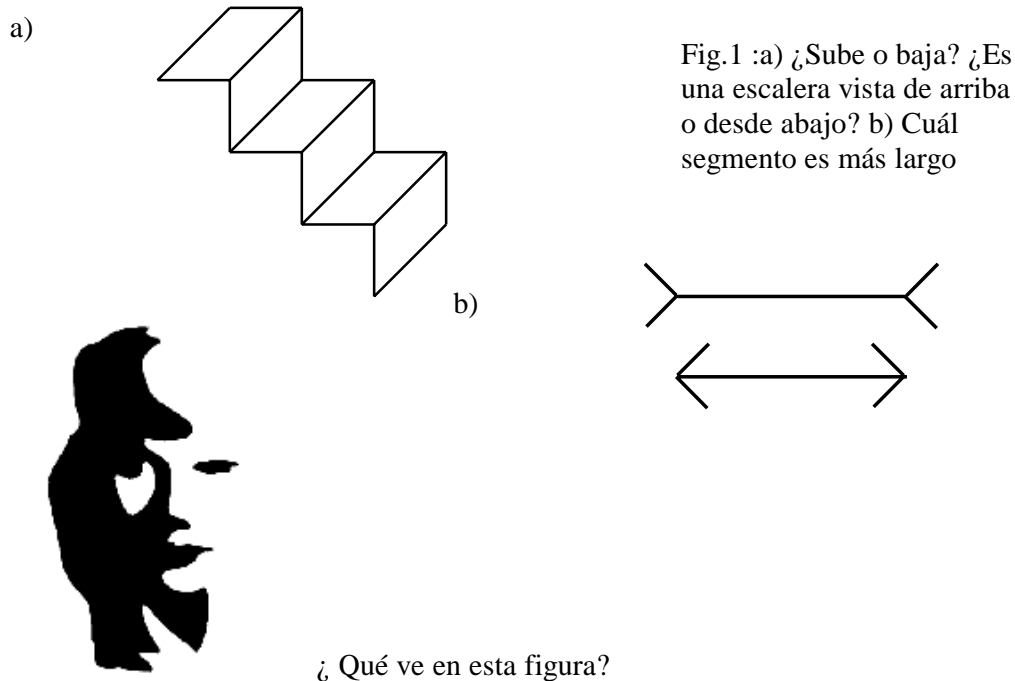
Un modo de atenuar la postura del inductivismo ingenuo consiste en recurrir a la probabilidad: ya no se afirma que las generalizaciones a las que se han arribado mediante la inducción sean perfectamente verdaderas, sino probablemente verdaderas. Esta concepción sin embargo, mantiene las desventajas ya mencionadas y en cierto modo resulta una “justificación” ad hoc.

La observación depende de la teoría

Se criticará el estatus y el papel que desempeña la propia observación. El inductivismo ingenuo tiene dos supuestos en relación a la observación, ambos cuestionables:

- 1) La ciencia comienza con la observación.
- 2) La observación da una base segura para derivar el conocimiento.

1) Se sabe que dos personas que observen el mismo objeto desde el mismo lugar y en las mismas circunstancias no tienen necesariamente idénticas experiencias visuales aunque las imágenes que se produzcan en sus retinas sean prácticamente idénticas. Lo que un observador ve depende en parte de su cultura (su experiencia, sus expectativas, sus conocimientos) y su estado general. Se suma a esto el hecho de que las teorías preceden a los enunciados observacionales, es decir, los enunciados observacionales se hacen en el lenguaje de alguna teoría. Por lo tanto, no es completamente cierto que la ciencia comienza con la observación.



Los enunciados observacionales son tan falibles como las teorías que presuponen y por lo tanto el hecho de ser base completamente segura sobre la cual edificar leyes y teorías científicas no es infalible.

Para establecer la validez de un enunciado observacional es necesario apelar a la teoría; las observaciones siempre se realizan a la luz de alguna teoría.

Esta postura es contraria a la que sostienen los inductivistas, que ven en la observación la fuente del conocimiento.

Los inductivistas más modernos establecen una diferencia entre el modo de descubrimiento de una teoría y su modo de justificación. Admiten que las teorías se pueden concebir de distintas maneras, por ejemplo, tras un momento de inspiración, accidentalmente o tras períodos de observaciones.

Se sabe que usualmente las teorías son concebidas antes de hacerse las observaciones que las comprueban. Para los acérrimos defensores del inductivismo, las teorías sólo tienen sentido si se pueden verificar mediante la observación. Pero no se puede mantener esta división tajante entre teoría y observación ya que esta última está influida por la teoría.

Cuando puede medirse aquello de los que se habla y expresarlo en números, ya se sabe algo sobre aquello. Cuando no puede medirse su conocimiento es pobre e insatisfactorio: puede ser el inicio del conocimiento, pero apenas si se ha avanzado hacia los albores de una ciencia

Lord Kelvin (1824-1907)

Introducción del Falsacionismo

La filosofía dominante en la Europa a principios del siglo XX fue el positivismo lógico, que afirmaba que sólo podemos saber que algo es cierto si se puede demostrar de manera lógica o empírica. La frase de Lord Kelvin, que precede este párrafo, es una expresión que caracteriza el pensamiento positivista. Los positivistas consideraban las matemáticas y la ciencia como las fuentes supremas de la verdad. Popper, Kuhn y Feyerabend - cada uno a su manera y por motivos diferentes- trataron de hacer frente a esta actitud aduladora de la ciencia. Estos filósofos se dieron cuenta de que, en una época en que la ciencia se encontraba en una fase ascendente, la misión de la filosofía consistía en hacer de *negativo* de la ciencia y sembrar dudas en la mente de los científicos. O sea mantuvieron una actitud crítica hacia la ciencia misma.

Karl Popper

En 1919, el muy joven Popper (tenía 17 años de edad) asistió a Viena a una conferencia dictada por el ya no tan joven Einstein (de 40 años de edad) y quedó deslumbrado por la nueva física que promulgaba el gran iconoclasta; recordemos que en ese mismo año Eddington dio a conocer la primera confirmación observacional de la teoría general de la relatividad*. Popper comparó entonces el éxito predictivo de las ideas de Einstein, alcanzado en condiciones de muy alto riesgo, con la situación de las otras tres teorías científicas importantes en ese momento en su medio: la teoría de la historia de Marx, la teoría del psicoanálisis de Freud y la teoría de la psicología

* Una de las consecuencias más notables de la teoría general de la relatividad, desarrollada por A. Einstein en 1918, era que la luz al pasar cerca de un objeto masivo como una estrella se desviaba. Por lo tanto, si se observaban las posiciones de las estrellas en la noche y las mismas durante un eclipse solar, las posiciones de las estrellas cambiarían. En 1919 A. Eddington confirmó experimentalmente, de manera magistral, esta hipótesis. Esta confirmación, junto a otras muchas que siguieron, dieron gran confianza a los científicos de verosimilitud de la teoría de la relatividad.

individual de Adler. Lo que encontró Popper entoces lo sabemos todos hoy: En la física de Einstein las predicciones se formulaban de tal manera que la opción de no cumplirse era real, mientras que en las otras teorías “científicas” mencionadas, había explicaciones para cualquier clase de resultados; en otras palabras, ningún tipo posible de experiencia era incompatible con las otras tres últimas teorías “científicas”, que estaban preparadas para absorber y explicar cualquier resultado, incluyendo los contradictorios. Fue en esa época cuando Popper concluyó que la manera de distinguir a la ciencia verdadera de las pseudociencias (*el criterio de demarcación*) es precisamente que la primera está constituida por teorías susceptibles de ser demostradas falsas poniendo a prueba sus predicciones, mientras que las segundas no son refutables; en otras palabras, *la irrefutabilidad de una teoría científica no es una virtud sino un vicio, ya que la identifica como pseudocientífica.*

La contribución más significativa de Popper a la filosofía de la ciencia fue su caracterización del método científico. En su *Lógica de la investigación científica* (1934), criticó la idea prevaleciente de que la ciencia es, en esencia, inductiva. Propuso un criterio de comprobación que denominó *falsabilidad*, para determinar la validez científica, y subrayó el carácter hipotético-deductivo de la ciencia. *Las teorías científicas son hipótesis a partir de las cuales se pueden deducir enunciados comprobables mediante la observación; si las observaciones experimentales adecuadas revelan como falsos esos enunciados, la hipótesis es refutada. Si una hipótesis supera el esfuerzo de demostrar su falsedad, puede ser aceptada, al menos con carácter provisional. Ninguna teoría científica, sin embargo, puede ser establecida de una forma concluyente.*

Su filosofía era fruto de un esfuerzo por distinguir entre, por una parte, la pseudociencia, como, por ejemplo, el marxismo, la astrología o la psicología freudiana, y, por la otra, la ciencia propiamente dicha, como, por ejemplo, la teoría de la relatividad de Einstein. Esta última, estaba convencido, era perfectamente verificable; hacía predicciones sobre el mundo que se podían verificar empíricamente. Los positivistas lógicos decían algo parecido. Pero Popper negaba la tesis positivista según la cual los científicos pueden probar una teoría mediante la inducción, o mediante pruebas u observaciones empíricas repetidas. Nunca sabemos si las observaciones de uno han sido suficientes; la siguiente observación podría contradecir todas las precedentes. Las observaciones nunca pueden probar una teoría; sólo pueden refutarla, o falsificarla. Popper se jactaba a menudo de haber “matado” al positivismo lógico con este argumento.

Popper hacía extensible su principio de falsación a una filosofía que él denominaba racionalismo crítico. Un científico aventura una propuesta y otros tratan de echarla por tierra con argumentos contrarios o pruebas experimentales. Popper consideraba la crítica, y hasta el mismo conflicto, como algo esencial para cualquier tipo de progreso. Así como los científicos enfocan la verdad a través de lo que él denominaba «conjeturas y refutaciones», así también las especies evolucionan mediante la competencia y las sociedades mediante el debate político. Una “sociedad humana sin conflicto”, escribió en cierta ocasión, “sería una sociedad no de amigos, sino de hormigas”. En “*The Open Society and Its Enemies*”, obra publicada en 1945, Popper afirmaba que la política, más aún que la ciencia, exigía el libre juego de las ideas y de la crítica.

El dogmatismo conducía inevitablemente no a la utopía, como sostenían por igual marxistas y fascistas, sino a la represión totalitaria.

Una teoría científica, insistía Popper, es una invención, un acto de creación tan profundamente misterioso como cualquier acto realizado en el ámbito de las artes. “La historia de la ciencia es por doquier especulativa”, aseveró. “Es una historia maravillosa. Nos hace sentirnos orgullosos de ser humanos.”

Popper estaba también convencido de que la ciencia no podría contestar nunca a las preguntas sobre el sentido y objeto del universo. Por eso nunca había repudiado por completo la religión, aunque hacía tiempo que había abandonado el luteranismo de su juventud. “Nosotros sabemos muy poco; por eso deberíamos ser más modestos y no pretender saberlo todo sobre este tipo de últimas preguntas.”

Sin embargo, Popper no compartía la visión de algunos filósofos y sociólogos que sostienen que la ciencia es incapaz de alcanzar cualquier verdad y que los hombres de ciencia defienden sus teorías por razones culturales y políticas más que racionales.

En resumen, el esquema de Popper del método científico es muy sencillo y él mismo lo expresó en su forma más condensada en el título de su famoso libro, *Conjeturas y refutaciones*. *La ciencia es simplemente asunto de tener ideas y ponerlas a prueba, una y otra vez, intentando siempre demostrar que las ideas están equivocadas, para así aprender de nuestros errores.*

De acuerdo con Popper, la ciencia no empieza con observaciones sino con problemas.

Para los falsacionistas, la teoría guía la observación y por lo tanto, la presupone. Conciben a las teorías como suposiciones provisionales, que deberán ser corroboradas por la observación y la experimentación. De no pasar la prueba, habrá que refutarlas y reemplazarlas por otras. Si bien no se puede decir que una teoría sea verdadera, sí se puede afirmar que es la mejor que se dispone. La ciencia avanza en virtud de conjeturas y refutaciones.

La ciencia es considerada como un conjunto de hipótesis -que deberán ser probadas- para explicar o describir aspectos del mundo. Si bien no todas las hipótesis pueden hacerlo, TODAS deben ser FALSABLES, es decir, susceptibles de ser falsadas. *No hay que confundir hipótesis falsas con hipótesis falsables.* Una hipótesis es falsable si existe un enunciado observacional o un conjunto de ellos lógicamente posibles que sean incompatibles con ella, es decir, que en caso de ser verdaderos, falsarían la hipótesis. Ej: La afirmación “Los lunes nunca llueve” es falsable porque se puede falsar al observar que un día lunes llueve. Hay enunciados que no son falsables directamente, como por ejemplo el que dice “Mañana llueve o no llueve” dado que ningún enunciado observacional lógicamente posible puede refutarlo.

Para el falsacionista, las hipótesis científicas deben ser falsables, además de informativas, dando cuenta de cómo el mundo se comporta en ciertas circunstancias y no cómo posiblemente (lógicamente) podría hacerlo -pero no lo hace-. Cuanto más falsable es una teoría, mejor es.

Una teoría muy buena será aquella que:

- a) hace afirmaciones de muy amplio alcance,
- b) por lo tanto es sumamente falsable y
- c) que resista la falsación cada vez que se la someta a prueba (es decir, no se la pueda refutar).

Las teorías con alto grado de falsabilidad son preferibles a las menos falsables. Cuanto más falsable sea una teoría, más afirma y mejor será entonces -siempre y cuando no sea falsada-. Las teorías falsadas deben ser rechazadas terminantemente.

Los falsacionistas exigen que las teorías que se formulen sean sumamente falsables; así, las teorías serán establecidas con claridad. Lo mismo ocurre con la precisión: cuanto más precisamente se formule una teoría, más falsable será.

Si bien nunca se puede decir que una teoría sea verdadera -pese a haber superado múltiples pruebas- sí se puede decir que sea superior a otras, en virtud de haber superado pruebas que las teorías predecesoras falsaron. Se debe tener en cuenta que los problemas que se plantean, siempre se hacen a la luz de alguna teoría, y no de la observación como sostienen los inductivistas.

Las limitaciones del falsacionismo

Los falsacionistas, tanto los ingenuos como los más sofisticados, sostienen que si bien las teorías se pueden falsar de modo concluyente acorde a las pruebas correspondientes, no se puede establecer su verdad o la probabilidad respecto a la verdad. Este hecho confiere a las teorías el carácter de ser conocimiento provisional.

Pero los enunciados observacionales dependen de la teoría y son falibles; éste es un inconveniente para el falsacionismo. Puede suceder que un enunciado universal que constituye una teoría choque con algún enunciado observacional, y sea este enunciado observacional el que esté equivocado y no la teoría. O puede suceder que sea un supuesto auxiliar de la teoría el que falle. Por lo tanto, no se puede falsar concluyentemente una teoría porque no se puede determinar que la responsable de una predicción errónea sea alguna parte de la comprobación y no la teoría.

Diversos ejemplos de la ciencia nos muestran que ni el inductivismo ni el falsacionismo constituyeron la concepción de la ciencia compatibles con ellos: hay teorías que no fueron descubiertas por la observación ni por la experimentación ni por la falsación de hipótesis audaces.

La postura falsacionista extrema también es criticable, por ejemplo la aseveración: "la Tierra tiene forma esférica" precisa de ser falseada indefinidamente o podemos asegurar que ella tiene esta forma?

Las teorías como estructuras: Los paradigmas de Kuhn

Un rasgo característico de su concepción es la importancia dada al carácter revolucionario del progreso científico, donde una revolución implica el abandono de una estructura teórica y su reemplazo por otra, incompatible con la anterior.

Paradigma -Etimología (del griego παραδειγμα, *parádeigma*, ejemplar, modelo, ejemplo). Un paradigma es un caso particular o ejemplo, que ilustra una relación general o sea un paradigma es un ejemplo o patrón ideal de alguna cosa o conducta. Por ejemplo de paradigma sería: yo amo, tu amas, el ama, que ilustran de modo general como se conjugan los verbos de la primera conjugación en español.

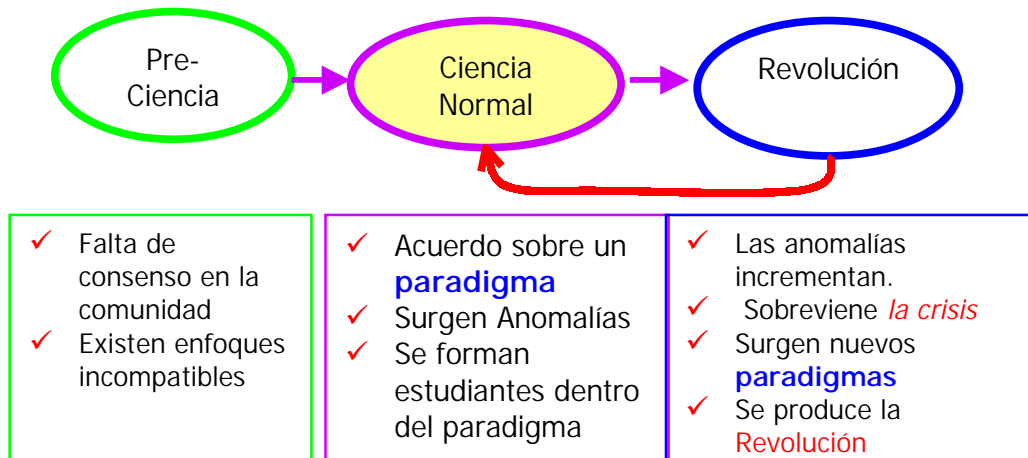
El paradigma es la noción central de la filosofía de la ciencia de T. Kuhn, tal como la desarrolla en su obra “La estructura de las revoluciones científicas” (1962). La ciencia no es meramente un sistema teórico de enunciados que se desarrollan en la mente de los individuos que se dedican a ella, sino que es una actividad que lleva a cabo una *comunidad de científicos*, en una época determinada de la historia y en condiciones sociales concretas. El desarrollo histórico de la ciencia supone la existencia de “paradigmas”, que Kuhn define como un conjunto de creencias, valores y técnicas compartidos por una comunidad científica. En un sentido más restringido, un paradigma es también una realización modélica de la actividad científica, explicada en libros de texto científicos, conferencias o trabajos de laboratorio.

Condiciones necesarias del paradigma son:

- que la comunidad científica lo comparta y
- que sea capaz de asimilar anomalías, propiedad de la que proviene el desarrollo acumulativo de la ciencia.

Thomas Kuhn expresa su idea acerca del progreso de la ciencia por medio del siguiente esquema:

Preciencia – Ciencia Normal – Crisis – Revolución – Nueva Ciencia Normal – Nueva Crisis



Estructura de las revoluciones científicas 1964

Protociencia (Pre-paradigmática) Se caracteriza por los diversos enfoques incompatibles sobre un mismo tema. Falta de consenso en la comunidad científica.

Ciencia Normal. Acuerdo sobre un paradigma. Los científicos colectan datos que tratan de entender dentro del paradigma. Surgen anomalías

Revolución científica. Las anomalías del paradigmas se incrementan. Sobreviene la crisis y surgen nuevos paradigmas. Sobreviene la revolución.

Introduce la noción de **Paradigma**, el cual está constituido por supuestos teóricos, leyes y técnicas de aplicación que deberán adoptar los científicos que se mueven dentro de una determinada comunidad científica. Los que trabajan dentro de un paradigma, ponen en práctica la ciencia normal. Es probable que al trabajar en ella, que desarrollará el paradigma en su intento por explicar el comportamiento de aspectos del mundo, resulten dificultades (por ejemplo, se encuentren con aparentes falsaciones). Si estas dificultades se hacen inmanejables, se desarrollará un estado de crisis. Ésta se resolverá con el surgimiento de un paradigma totalmente nuevo, el cual cobrará cada vez mayor adhesión por parte de la comunidad científica, hasta que finalmente se abandone el paradigma original. Este cambio discontinuo entre paradigmas constituye una revolución científica. El nuevo paradigma enmarcará la nueva actividad científica normal, hasta que choque con dificultades y se produzca una nueva crisis y una nueva revolución.

Una ciencia madura se rige por un solo paradigma, quien establece las normas que dan legitimidad al trabajo que se realiza dentro de la ciencia que rige, incluyendo la resolución de problemas que se presentan. Para Kuhn, será justamente la existencia de un paradigma que pueda apoyar una tradición de ciencia normal lo que establecerá la diferencia entre lo que es CIENCIA y lo que no lo es. Carecer de paradigma implica no poseer el estatus de ciencia.

Los paradigmas están compuestos por: leyes explícitamente establecidas, supuestos teóricos, maneras normales de aplicación de las leyes, instrumental y técnicas instrumentales, prescripciones metodológicas muy generales y como componente adicional, algunos principios metafísicos muy generales.

La CIENCIA NORMAL es descrita por Kuhn como una actividad de resolver problemas gobernada por las reglas del paradigma en cuestión, (*enigmas*) El paradigma deberá proveer los medios para solucionar los problemas que en él se formulan. Aquellos problemas que no puedan ser solucionados, serán entendidos como anomalías y como fracasos del científico, más que como falsaciones e insuficiencias del paradigma. Kuhn reconoce que todos los paradigmas contienen algunas anomalías y sostiene además que un científico normal no debe criticar el paradigma en el cual se encuentra trabajando.

Lo que diferencia a la ciencia normal, madura, de la PRECIENCIA, inmadura, es la falta de acuerdo en lo fundamental. La preciencia se caracteriza por el total desacuerdo y el constante debate de lo fundamental, llegándose a establecer casi tantas teorías como teóricos haya trabajando.

La existencia de problemas sin resolver dentro de un paradigma no constituye en sí una crisis. Se sabe que en los paradigmas siempre habrá anomalías. Las anomalías pueden desarrollarse de modo tal que le resten confianza, es decir, que afecte los fundamentos del paradigma. En esta situación estamos ante una crisis. La misma comienza a manifestarse con un período de “inseguridad profesional marcada”: se intentará defender los nuevos argumentos y el descontento respecto al paradigma en el cual se está trabajando aparecerá.

La crisis se agravará si aparece en escena un paradigma rival.

El nuevo paradigma será distinto e incompatible con su predecesor; constituyen ópticas diferentes del mundo y será adoptado no por un solo científico en particular sino por la comunidad científica en su totalidad.

Kuhn sostiene que Popper sobredimensiona el papel de la actitud crítica y racional en la actividad científica; y ello, probablemente, porque pone su atención en episodios y figuras que son extraordinarias y no comunes. Muy por el contrario, lo habitual es la actitud dogmática, el pensamiento convergente, que constituyen la ciencia “normal”; en tal condición, el propósito no es buscar experimentos cruciales, situaciones límites para falsar las teorías, sino expandir el campo de un modo de pensar ya aceptado.

Para Kuhn, su concepción acerca de la ciencia es una teoría y no una descripción en la medida que explicita las funciones que tienen sus componentes. Reconoce que las funciones de LA CIENCIA NORMAL Y LAS REVOLUCIONES son necesarias: mientras se está en período de Ciencia Normal, se pueden desarrollar los detalles de las teorías, resolver problemas y realizar trabajos teóricos y experimentales. Las Revoluciones son la oportunidad de pasar de un paradigma a otro mejor. Si se desarrolla una crisis, el pasaje de un paradigma a otro se hace necesario, y este paso es esencial para el progreso de la ciencia. Si no hubiera “revoluciones”, la ciencia quedaría atrapada en un solo paradigma y no se avanzaría más allá de él, lo que constituiría para Kuhn un grave defecto.

Objetivismo

Esta concepción –contraria al la del individualismo- sostiene que los datos del conocimiento tienen características independientes de las creencias y la conciencia de las personas que los conciben y las aprecian.

El individualismo sostendrá que el conocimiento se entiende en términos de las creencias que los individuos poseen.

Para el objetivismo, el conocimiento es considerado como algo que está afuera de la mente o cerebro de las personas. Las proposiciones tienen propiedades “objetivas”.

Esta postura, adoptada por el autor siguiendo a Musgrave, fue defendida por Popper, Lakatos y Marx. Para Popper, podemos distinguir dos sentidos de conocimiento: a) el conocimiento o pensamiento en sentido subjetivo –que se refiere al estado de la mente o de la conciencia- y b) el conocimiento o pensamiento en sentido objetivo, por el cual el conocimiento no depende de la pretensión de la persona de conocer ni de sus creencias, disposición a afirmar o a actuar. Resulta así, un conocimiento sin conocedor, sin sujeto que conoce. Por su parte, Lakatos se propuso que la metodología de sus programas de investigación fueran una explicación objetivista de la ciencia. El materialismo histórico de Karl Marx plantea una concepción objetivista de la sociedad: los hombres nacen en una estructura social que los preexiste, la cual no eligen y su conciencia se forma por lo que hacen y experimentan en dicha estructura.

La teoría anarquista del conocimiento de Feyerabend

Feyerabend sostiene que las metodologías de la ciencia a lo largo de la historia no han dado reglas adecuadas para guiar las tareas de los científicos. Dada la complejidad de la historia, resultaría poco razonable pretender explicar la ciencia basándose en reglas metodológicas –fijas y universales-. En cierto modo, para Feyerabend:

Todo Vale

Si por metodologías se entiende reglas fijas que guían las elecciones y decisiones de los científicos, es razonable el punto de vista de Feyerabend. Si embargo, si como las concepciones del Falsacionismo y de las estructuras se consideran como pautas o criterios de acercarnos a la verdad, las críticas de Feyerabend deben de tomarse con cuidado

Es la Ciencia infinita o indefinida?

En primera aproximación, parecería que el conocimiento no tiene límites, y por lo tanto la ciencia es un proceso de búsqueda indefinida. Sin embargo es interesante notar que la búsqueda de explicaciones racionales a los hechos no es una constante en la historia de la humanidad, ni de todas las culturas. De hecho este enfoque floreció en la Grecia antigua, estuvo aletargada por gran parte de la edad media y reapareció con fuerza en Occidente después del renacimiento, con el desarrollo de la ciencia moderna. Aun hoy, esta actividad solo se práctica en naciones donde existió o existe un clima favorable para ello. La ciencia no es practicada universalmente por todas las culturas, quizás por la mayoría, aunque es cierto que es intensamente practicada en las sociedades que hoy consideramos como las más desarrolladas.

Por otra parte, es interesante notar que ciertas actividades investigativas parecerían pasar por un periodo de esplendor y luego llegan a etapas de menores rendimientos. Piénsese por ejemplo en los descubrimientos geográficos. Esta actividad tuvo su esplendor en los siglos XV y XVI, actualmente es poco probable descubrir nuevos espacios geográficos desconocidos. Es poco probable que la Anatomía arroje en el futuro próximos resultados sorprendentes. También parecería que esta ciencia ya paso

por su mejor momento. A la luz de estos ejemplos, no es obvio que la ciencia sea una actividad indefinida y es concebible al menos en principio que existan periodos dorados para algunas actividades, después de las cuales sobrevienen tiempos de menores rendimientos. Lo difícil es saber en que fase se encuentra en la actualidad una dada ciencia. También la historia nos enseña que actividades que parecían haberse agotado, mostraron una vitalidad sorprendente. Esto ocurrió con la Física hacia fines del siglo XIX, pero después se descubrió la teoría de la relatividad y la mecánica cuántica que fueron una de las revoluciones más trascendentales del pensamiento humano del siglo XX.⁸

La tecnología

La ciencia no es lo mismo que la tecnología. Aunque ambas se complementan y van de la mano. La ciencia trata de interpretar los hechos en base a teorías generales, independientemente de su utilidad y sus consecuencias. Por ejemplo la Teoría de la Evolución para algunas personas puede no resultarles conveniente o deseable, sin embargo su investigación es llevada adelante por la ciencia.

La Tecnología es un método para resolver problemas prácticos: Encontrar un vehículo que sea más eficiente y contamina menos, una vacuna, un tratamiento de una enfermedad, etc. No siempre la tecnología estuvo unida a la ciencia, pero desde la revolución industrial, ambas actividades han estado íntimamente ligadas y hoy no es posible concebir una sin la otra.

Otras aproximaciones a la verdad o al conocimiento- Arte y Religión

Desde luego las ciencias son apenas un intento de comprensión de un aspecto, quizás muy importante, pero solo un aspecto de la experiencia humana. Existen múltiples vías de conocimiento y comprensión. En particular podemos destacar el arte y la religión

Todas son búsquedas de un orden, significado y comprensión de la vida y el universo por diferentes vías.

- ✓ La ciencia lo hace con su método: hipótesis, experimentación, reproducibilidad, etc.
- ✓ El arte crea objetos y eventos que estimulan nuestros sentidos y emociones. Nos permiten comprender, conocer y enriquecer la existencia humana.
 - El David, la 5ta sinfonía, La vida es sueño, Hamlet etc.
- ✓ La religión busca propósito y significado de la existencia humana.
 - ¿Cuál es el sentido y significado del sufrimiento en el mundo?,
 - ¿Cuál es el sentido de nuestra existencia?,
 - ¿Cuál es nuestra relación con una divinidad o la naturaleza?, etc.

El arte y la religión hacen uso de las metáforas. Ej.

- *Hoy la he visto, la he visto y me ha mirado! Hoy creo en Dios!*
- Por qué los hombres buscan una pareja según Platon: En el comienzo de los tiempos, los habitantes de la tierra eran los andróginos (androgynous)– Seres

bisexuados que vivían en perfecta armonía con el mundo. Zeus, celoso de su felicidad, los partió con una espada en dos sexos, hombre y mujer, desde entonces estos seres deambulan por el mundo en busca de su otra mitad....

- La Historia bíblica de Job.
- etc. etc.

Estas historias, claramente de carácter simbólico, metáforas, nos ayudan a entender mucha de las tendencias más fundamentales e íntimas de los seres humanos. Sus enseñanzas son en muchos casos bellas y útiles. Como el arte en general nos ayudan a comprender nuestro sitio en el mundo y hacer nuestra existencia más satisfactoria y significativa.

Si consideremos a estos caminos como complementarios y que cada uno de ellos satisface distintas necesidades humanas. No hay contradicción entre ellos. Cuando prevalece el fanatismo o el fundamentalista si aparecen contradicciones.

"All religions, arts and sciences are branches of the same tree. All these aspirations are directed toward ennobling man's life, lifting it from the sphere of mere physical existence and leading the individual towards freedom."

Albert Einstein

Hay dos cosas que son infinitas, el universo y la estupidez humana, aunque no estoy seguro de lo primero.

Albert Einstein

Preguntas y Ejercicios de autoevaluación

- 1) Explique brevemente en que consiste un sistema axiomático como el de la matemática. A) ¿Qué es un axioma? B) Tiene sentido probar un axioma C) ¿Qué es un teorema? D) Tiene sentido probar un teorema. E) ¿Tiene sentido probar experimentalmente un teorema?
- 2) En una ciencia fáctica, a) ¿las leyes se prueban igual que los teoremas? b) ¿Cómo se "Prueba" la validez de una ley científica? B) ¿Es realmente posible probar una ley científica en forma rotunda y definitivamente? ¿cómo?
- 3) Caracterice y ejemplifique las ideas de: Hipótesis, ley, condiciones de contorno o iniciales, explicación, predicción.
- 4) Proporcione ejemplos de proposiciones generales y particulares. ¿Es posible demostrar experimentalmente las predicciones particulares de una teoría o ley?
- 5) ¿Cuáles son las dificultades de verificar una hipótesis científica en forma universal?
- 6) Explique en que consiste el inductivismo y cuales son sus limitaciones o críticas.
- 7) Explique cuales son las críticas a la inducción como procedimiento de fundamentación de una hipótesis científica.
- 8) ¿Cuáles son las ideas centrales del falsacionismo?
- 9) Cuales de las siguientes hipótesis son más falseables y cuales son más verdaderas:
 - a) "Los primeros lunes de casa mes lleve en Buenos Aires
 - b) "El próximo lunes lloverá o no"

- c) “El próximo presidente será socialista”
 d) “El próximo presidente será socialista o no”
- 10) Cual de las siguientes aseveraciones puede considerarse una hipótesis científica. Justifique brevemente su respuesta:
- Los padres aman a sus hijos.
 - Los cuerpos terrestres caen con velocidad constante en la Tierra.
 - Todas las la vivencias, aún aquellas que no recordamos, están registradas en nuestro inconsciente.
- 11) Comente un ejemplo histórico que ilustre las distintas fases de evolución de una ciencia, según la visión de Kuhn.
- 12) Qué diferencia hay entre la aseveraciones:
- La suma del cuadrado de los catetos es igual al cuadrado de la hipotenusa
 - Todos los cuerpos se atraen con una fuerza proporcional al producto de sus masa e inversamente proporcional al cuadrado de su distancia.
- 13) ¿Qué tipo de ciencia es la economía, formal o fáctica?, ¿En la clasificación de Kuhn, en que estadio la ubicaría? ¿y la política?
- 14) Según Popper cual es la diferencia entre una ciencia propiamente dicha y una pseudociencia. Proporciones ejemplos que ejemplifiquen y aclaren este punto.
- Según este criterio como se clasificaría la Astrología y por qué.
 - Lo mismo para la física y la medicina.
 - Discuta las diferencias más notables a la luz de la ideas de Popper
 - Por qué Popper sostiene que en Socialismo científico (Marxismo) no es una ciencia.
- 15) Investigue en que consiste el “Reduccionismo” (Ver “Toward a Synthesis of the Newtonian and Darwinian Worldviews” -John Harte - Physics Today – Oct. 2002- p. 29. <http://www.aip.org/pt/vol-55/iss-10/p29.html>)
- 16) En Ingles se usa el termino “*serendipity*”, para describir una de las cualidades y características de la investigación científica, ¿cual es su significado?.
- 17) Es razonable someter a prueba experimental una metáfora. Discuta su punto de vista. Una aseveración fáctica, por ejemplo el jugo de limón cura la calvicie.
- 18) En que se diferencia la Ciencia de la Tecnología.
- 19) Describa las características más salientes del Positivismo Lógico y las limitaciones del inductivismo ingenuo.
- 20) ¿Cuales son las principales objeciones al falsacionismo de Popper?
- 21) ¿Qué significa la aseveración : La observación depende de la teoría? ¿No le resulta esto contradictorio y tautológico, ya que la teoría solo se puede falsear a través de observaciones y experimentos?
- 22) ¿Es razonable someter a prueba experimental una metáfora? ¿Por qué?
- 23) Discuta la validez o no de la siguiente afirmación: La ciencia y el conocimiento avanza solo gracias al uso de la razón. En ciencia no hay lugar para las “corazonadas”, las emociones o la intuición.

Bibliografía

1. *Física Conceptual*, 3ra Ed., Paul G. Hewitt, Addison Wesley, México 1999 – Libro recomendado.
2. *Física en perspectiva*, E. Hetch, Addison Wesley Delaware, 1987 – Libro recomendado.
3. *El conocimiento científico*, E. Díaz y M. Heler, Eudeba, Buenos Aires, 1999.
4. *La naturaleza de la ciencia Proyecto 2061* El Proyecto 2061 de la Asociación Americana para el Avance de la Ciencia (American Association for the Advancement of Science - Visión introductoria.
<http://www.project2061.org/esp/tools/sfaaol/chap1.htm> - Nature
5. *¿Qué es esa cosa llamada ciencia?* Alan F. Chalmers, Siglo XXI Editores, Argentina, 1988. - Sinopsis del libro - Nivel Intermedio – optativo
6. *La estructura del las revoluciones científicas* – Thomas Kuhn – Fondo de cultura económica – México 1985.
7. *¿Existe el método científico?*- Ruy Pérez Tamayo - Fondo de cultura económica – México 1998 <http://omega.ilce.edu.mx:3000/sites/ciencia/volumen3/ciencia3/161/htm/toc.htm>
8. *La ciencia su método y su filosofía*, Mario Bunge Ediciones Siglo Veinte, Buenos Aires, 1971.
9. *El fin de la Ciencia – Los límites del Conocimiento en el declive de la era científica* – John Horgan - Paidós - Barcelona 1998
10. *La Ciencia Su Método Y Su Filosofía* -Mario Bunge Ediciones Siglo Veinte, Buenos Aires, 1971. <http://www.biblioteca.org.ar/autort.asp?texto=m&tipo=5>