

## CAPITULO 1 'Las cosmologías'

Las cosmologías son teorías que intentan explicar cómo es el universo y por qué lo vemos así. Existen desde hace desde la antigüedad pero su relevancia histórica comienza con los griegos.

### Cosmologías antiguas

- *Geocentrismo*

Surge en el siglo IV a.C. por Aristóteles, el plantea que el universo es un conjunto de esferas concéntricas sobre las que están montados los astros. Entre ellas existe una sustancia llamada éter. En el centro del conjunto, está La Tierra, inmóvil. Sobre las esferas más próximas está montada la Luna y más allá, las esferas donde se localizan los seis planetas restantes conocidos en esa época (Mercurio, Venus, Sol, Marte, Júpiter y Saturno). La última de las esferas es la de las estrellas fijas, sobre las que están montadas las estrellas que no cambian de posición. Esta esfera además transmite el movimiento a todas las esferas anteriores. Aristóteles pensó que así se mantendría eternamente el Universo.

Formo también una teoría física que sostiene que hay una distinción entre lo que ocurre por debajo de la esfera de la Luna y lo que ocurre fuera y en ella. Hay una física sublunar (hacia adentro) y una física celeste (hacia afuera). En la región sublunar se encuentra La Tierra y existen cambios (tormentas, terremotos) en cambio, en el mundo celeste no. Además, para Aristóteles no existe el vacío en el Universo, sino que es finito y termina en la esfera de las estrellas fijas.

En el siglo II, Ptolomeo continuó con esta corriente y planteó el sistema tolemaico donde sitúa a los planetas describiendo órbitas circulares alrededor de La Tierra. Si observáramos un planeta por un año, veríamos una circunferencia centrada en La Tierra, sin embargo encontró que algunos planetas en cierto lapso dejaban de avanzar y retrocedían un poco. Esto se conoce como retrogradación de los planetas. Ptolomeo modificó su teoría original donde Marte describía una órbita circular montada sobre la órbita alrededor de La Tierra, llamadas epiciclos. Logró resolver el problema y los cálculos coincidieron, sin embargo con el tiempo las observaciones diferían cada vez más.

- *Heliocentrismo*

En 1543 Copérnico describe un universo distinto, sostiene que el Sol es el centro del universo y que los planetas describen órbitas circulares alrededor de él. La Tierra ahora es un planeta más que gira alrededor del Sol y rota sobre sí misma. Este movimiento de rotación sobre su eje explica la sucesión del día y noche, mientras que la traslación explica el movimiento aparente de los astros. El primer problema que se presentó fue que los cálculos realizados para las posiciones de los planetas no coincidían con las observaciones. Intentó resolver esto mediante los epiciclos, pero hubo que esperar hasta el 1609 para que la dificultad se resolviera. Kepler lo solucionó sosteniendo que las órbitas que describían los planetas alrededor del Sol no eran circulares sino elípticas.

Otro problema era que daba cero la medida del ángulo de paralaje estelar. Si La Tierra tiene un movimiento circular (o elíptico) debería formar cierto ángulo de paralaje, esto se desprende de Copérnico. Recién en 1838 se pudo encontrar que la medida del ángulo era diferente a cero. En la época de Copérnico no estaban en condiciones técnicas de detectarlo. En 1572 los astrónomos observaron la aparición de un nuevo cuerpo celeste 'estrella Nova' que fue apagando su brillo progresivamente hasta desaparecer. Este cuerpo celeste estaba en la región celeste del universo aristotélico. Esto quería decir que en esta región había cambios, lo que contradecía con la hipótesis física de Aristóteles. Los geocentristas tenían la hipótesis de que estos astros estaban en la región sublunar. Copérnico había formulado una nueva cosmología pero no una nueva física, se basaba en la física aristotélica. Galileo y Newton desarrollaron una nueva física que se articulaba con la cosmología en la segunda mitad del s. XVII. Newton brindó una cosmología basada en la de Copérnico, la física era la misma para todo el universo, los planetas describían órbitas elípticas alrededor del Sol pero éste no era el centro del Universo, solo era el centro de nuestro sistema planetario, lo que admite la posibilidad de encontrar en el Universo otros sistemas planetarios.

Si el universo es infinito no puede tener centro y el universo ideado por Copérnico si admitía ser finito, ya que se basó en las ideas de Aristóteles.

## Cosmologías actuales

Aristóteles suponía la existencia eterna del Universo mientras que Newton planteaba la creación de un universo en algún momento en el tiempo. Se desarrollaron dos corrientes una la de la teoría del universo eterno 'Teoría del universo estacionario' y por parte, la mayoría de los científicos se inclinan por la idea de que el universo tuvo un comienzo, que se trata de la 'Teoría del Big Bang' que sostiene que el universo debe haber comenzado y con él el tiempo y espacio hace alrededor de 15.000 millones de años.

- *La teoría del Big Bang*

En 1929 el investigador Hubble había sugerido que el universo estaba en expansión. Las observaciones con las que contamos hasta el momento confirman que el alejamiento mutuo de las galaxias es más pronunciado cuanto más separadas están estas mismas. Esto tiene aspecto de una explosión en el pasado. No parece que las galaxias fueran que se alejaran sino que es el espacio mismo el que se expande y con ello da lugar al alejamiento observado. El universo estaba concentrado en un punto y debe haber comenzado todo a partir de una explosión donde también comenzó el tiempo.

Si toda la energía del universo actual alguna vez estuvo concentrada de tal manera los científicos creen que la forma en que se manifestaba tal energía no debía ser tal como se presenta ahora en forma de partículas y radiaciones, sino que solo por radiación. A medida que el espacio se expandía, la energía se desparramaba de modo que su densidad disminuía, habrá llegado un momento en que la energía por unidad de volumen era suficientemente baja como para que las partículas y antipartículas que se formaban de esa energía, no se volvieran a transformar en radiación. Las partículas comenzaron a ser estables y los choques entre fotones crearon partículas y estas chocaban con menos energía de la necesaria para desintegrarse en fotones. Aquella época de creación de partículas no duro mucho, por lo que el espacio siguió expandiéndose y con ello la energía por unidad de volumen siguió bajando, la temperatura siguió bajando también. El universo había obtenido un equilibrio entre la radiación existente y las partículas que de ella habían surgido. Con la aparición de tantas partículas se hizo más evidente la fuerza de atracción gravitatoria, que provoco que las partículas se fueran agrupando en grandes nubes y a su vez estas siguieran compactándose por la fuerza atractiva hasta formar galaxias y estrellas.

- *La radiación cósmica de fondo:* una gran explosión en sus comienzos no había sido corroborado por ninguna otra observación. En 1964 Penzias y Wilson detectaron una radiación cuya intensidad y frecuencia no tenía variación respecto de la zona del espacio que escudriñaran. Esto fue interpretado como la radiación remanente de aquella supuesta explosión y se la conoce como radiación cósmica de fondo. Esta evidencia fortalecía la hipótesis del Big Bang. El universo había continuado su expansión y con ello la temperatura seguía bajando. El universo ya bastante enfriado irradia en la frecuencia que ellos detectaron, una frecuencia típica de los cuerpos que se encuentran a 270 grados centígrados bajo cero. Como el Sol irradia en frecuencias que nos indican temperatura de miles de grados, el universo contiene radiación en frecuencias e intensidades tales que correspondían a esas temperaturas tan bajas. La radiación del fondo cósmico parecía ser estrictamente constante no importando a que zona del espacio apuntáramos. Con la intención de investigar, se creó un satélite especialmente diseñado para realizar tales frecuencias y se registro que se confirmaba la idea de que hubo pequeñas inhomogeneidades hubiera zonas con materias y otras sin.

- *Efecto Doppler y la observación del alejamiento de las galaxias:* cuando una fuente de sonido se acerca al observador, éste percibe un sonido levemente más agudo que si la fuente estuviera en reposo. Si en cambio la fuente se aleja, el efecto será que parece más grave. Este efecto Doppler se podría resumir en que el sonido parece más agudo si la fuente emisora se acerca y más grave si se aleja. Pero más agudo o grave respecto del sonido de la fuente emisora en reposo. Podríamos decir que el sonido presenta un corrimiento de frecuencias: hacia el agudo en el primer caso o grave en el segundo. Cuando se analiza la luz proveniente de las galaxias lejanas se encuentra que su frecuencia no coincide con la esperada sino que presenta un corrimiento hacia frecuencias menores, como un alejamiento de la fuente de emisión.

Por lo tanto las galaxias se alejan unas de otras ya que todas las galaxias lejanas estudiadas presentan este corrimiento hacia frecuencias menores. No deben interpretarse como si nuestra galaxia estuviera en el centro de la expansión. Como las frecuencias más bajas del espectro visible corresponden al color rojo, este efecto que presentan las galaxias lejanas, se ha llamado corrimiento al rojo. Todas las galaxias lejanas investigadas mostraron corrimiento al rojo y que esto indica que se alejan de nosotros.

- *Universo estacionario*

Este modelo describe un universo en expansión continua tal cual la que se infiere a partir del alejamiento de las galaxias, pero con la particularidad de que la densidad de partículas del universo permanece

constante. Al expandirse el espacio se deberán crear partículas de modo de mantenerse la cantidad de materia por unidad de volumen. El universo se expandiera y a la vez se crearía materia de modo que una zona del espacio siempre presentaría el mismo aspecto no importa en qué época nos fijáramos. Plantea la idea de que el universo no fue creado ni apareció en algún instante. Éste existió siempre y siempre existirá con el mismo aspecto: expansión y creación de partículas, da perfecta cuenta del alejamiento de las galaxias pero tuvo que enfrentar una acomodación al descubrirse la radiación de fondo cósmica que corroborada con la teoría del Big Bang. Esta consistió en sugerir que tal radiación podía provenir de las nubes de polvo existentes en el Universo que absorberían la radiación de las estrellas y la remitirían en la frecuencia observada del fondo cósmico. No queda explicado totalmente bien que la radiación de fondo no varía en las distintas direcciones de observación. Asistimos ahora a otra confirmación del Big Bang, como lo es el descubrimiento de las irregularidades que dieron lugar a que el universo fuera inhomogéneo. Los defensores del Big Bang habían anticipado que de ser correcta la teoría debería encontrarse tales inhomogeneidades en la radiación de fondo, mientras que tales rasgo no se desprendían de la teoría del modelo estacionario. La teoría del Big Bang obtiene credibilidad mientras que la otra no. Ahora esta cuenta con el apoyo de la comunidad científica.

## CAPITULO 2 'Generación de la vida ¿sólo un problema biológico?'

### **Una concepción clásica del mundo que se derrumba, siglo XVI**

En ese siglo ya se sostenía que la Tierra no ocupaba su posición central en el universo, sino que giraba alrededor del Sol como los demás planetas. Viejos esquemas mentales comenzaban a no tener credibilidad a medida que sucedían cambios en la sociedad europea, estos esquemas habían encontrado su fundamento teórico en Aristóteles. La ciencia de él fue cristianizada a partir de los intentos de algunos teólogos de compatibilizar la ciencia paga con la doctrina cristiana, dando lugar a lo que se conoce como escolástica. Al incorporar concepciones de Aristóteles, el mundo cristiano adhirió a un sistema de creencias en el cual el universo material era explicado mediante analogías tomadas de los seres vivos, constituyendo una interpretación organicista del mundo. Esto se basaba en el cambio constante, destacaba la existencia de una intencionalidad que dirigía al desarrollo de los fenómenos naturales. Se sostenía ideas de la concepción global del mundo, los seres eran engendrados en un único acto, siempre como resultado de una creación mediante las fuerzas divinas. Un ser vivo no era solo lo que aparentaba, representaba un eslabón en la cadena secreta que une a todos los objetos de este mundo.

La formación del ser requería del calor, fuente de vida que el Creador ha distribuido en dos grupos: la unión de los sexos es necesaria para que el macho de su 'liquido seminal' para activar y dar forma a la materia contenida en el 'liquido seminal femenino'. El otro tipo de calor que proviene del Sol puede activar los elementos (tierra, aire, etc.) para dar origen a los seres ruines. Esta última postura se conoce hoy como 'teoría de la generación espontánea'. Cuando la putrefacción transforma un pedazo de carne en moscas es debido al calor que esta desprende, y en eso se basaba. En el S. XV surgió la adhesión a la magia, que rescataba concepciones místicas de las civilizaciones mediterráneas. Intentaba interpretar la voluntad de Dios-mago a través de los indicios dejados en el mundo material en términos matemáticos. Esto influenció en muchos pensadores, por ejemplo en Galileo que argumentaba que Dios se revela al hombre mediante la Sagrada Biblia y el libro de la Naturaleza. La tradición mágica, entrelazada con la organista, fueron opacadas por la mecanicista la cual planteaba que la naturaleza es análoga como una máquina y tanto su comportamiento como sus propiedades podían ser comprendidas a partir del conocimiento de sus elementos constituyentes. El origen de este pensamiento surge por el periodo de las máquinas durante el S. XVI y por el descubrimiento de Arquímedes, cuyos escritos matemáticos y físicos permitieron sentar las bases para un planteamiento matemático en el que el mundo era susceptible de medición y análisis.

La tradición mecanicista se puso contra la magia y la organista, partiendo del presupuesto de que el universo se gobernada por fuerzas mecánicas creadas por un dios ingeniero o relojero, los científicos que creían esto estudiaron las relaciones que guardaban distintas partes del universo entre si, como estudiar piezas de una máquina.

### **El desarrollo de la ciencia moderna, siglo XVII**

En esta época surgen las leyes del movimiento de Newton. La física juega un papel importante en esta transformación del universo, porque asigna nuevas funciones a la observación, experimentación y razonamiento, y por ser la única ciencia que se expresa por lenguaje matemático, la lógica.

La generación de un ser no puede ya constituir un hecho aislado, único e independiente. Lo que ahora importa es su aspecto y estructura visible. La generación solo puede considerarse a través de la estructura visible de los seres vivos y por las leyes del movimiento. La teoría de la generación espontánea es retomada a partir de una explicación basada en la mecánica y la materia, los seres vivos no difieren de las cosas más que por la disposición de la materia y por hacer surgir de ella un cuerpo viviente. No todos compartían las viejas ideas acerca de la generación espontánea. En 1668, Redi intentó demostrar que la materia putrefacta no alcanza para generar los seres ruines, sino que se debe al desarrollo de huevos inadvertidos. Puso carne en diferentes frascos y observó que los abiertos estaban llenos de gusanos mientras que los cerrados estaban libres mientras se descomponía la carne. Propuso entonces que las moscas que entraban en los frascos depositaban sus huevos. En 1683 Leeuwenhoek vio con microscopios organismos en gotas de agua sucia, semen sangre, etc. A estos los llamo animáculos. Los espontaneístas aprovecharon y plantearon que esos seres podrían derivar de otros insectos preexistentes. Algunos como Redi y Leeuwenhoek creían que la generación espontánea era aplicable a estos seres.

- *Otra polémica se inicia: el Preformacionismo vs. la Epigénesis*

Harvey descubrió acerca de la circulación de la sangre que se introdujo al enfoque mecanicista, pero continuó aferrado a tradicionales concepciones como el desarrollo de un ser vivo a partir de un huevo, coincidiendo con Aristóteles. Esta concepción corresponde a la postura denominada epigénesis, fue sostenida filosóficamente y experimentalmente por Aristóteles en su descripción del embrión del pollo: 'La generación a partir del huevo se produce en todas las aves, en la gallina común el primer indicio del embrión se tiene después de 3 días, con aves menores menos y con mayores más. La yema cobra ser y aparece el corazón, este late y se mueve, de él parten dos conductos que contienen sangre y una membrana provista de fibras sanguinolentas que envuelve la yema. Después, el cuerpo queda diferenciado. La porción inferior del cuerpo crece más lenta que la superior. El elemento vital del polluelo está en la clara del huevo y el alimento le llega de la yema, a través del cordón umbilical'.

Cuando Leeuwenhoek descubrió los espermatozoides, este hecho fue aprovechado por Swammerdam y otros para integrarlo a su concepción biológica vinculada a la creación divina. Creyeron que de cada espermatozoide humano había algo similar a un humano microscópico, así surgió la teoría del Preformacionismo, según el cual el futuro organismo aparece preformado bajo la forma de un embrión dentro del animáculo que lo porta. El embrión posee todos los órganos enteros, pero como son pequeños no se logran ver. A partir de esta concepción luego se hizo extensiva a otros seres. En aquellos seres que pueden engendrar a sus semejantes, el problema se traslada a cómo está ordenada la materia en el esperma. El preformacionismo cierra una idea de germen. Los defensores de esta idea se vieron obligados a explicar la locación de los gérmenes que deberían transmitirse de generación en generación, de esto resulta la teoría del encaje, según la cual los gérmenes se localizan uno dentro del otro, de esta forma Adán contenía todos los gérmenes de generaciones posteriores. En esta época no existía la posibilidad de lograr datos absolutos, se debían contentar con cálculos a partir de las Sagradas Escrituras. Como por ejemplo, así en 1650 un avispa logró calcular que el mundo había sido creado el miércoles 18 de julio del año 4004 a.C. Del mismo modo que se pretendía partir de Adán también se estimó el número de huevos encajados que portaba Eva. Esto dividió a los preformacionistas en dos bandos: los animalculistas y los ovistas. Se realizaron numerosos estudios en la búsqueda de observaciones que aplicaran la teoría. El estudio de las semillas ofreció un soporte ya que a simple vista se puede ver la estructura del futuro ser. En 1786 Spallanzani experimentaba 'Escogí una perra, la encerré en una habitación. Al cabo de tres días estaba en celo. A los 23 días intenté la fecundación artificial con un perro joven, por una eyaculación espontánea, inyecte sin demora en la matriz de la perra con una pequeña jeringa el líquido seminal. 23 días después apareció embarazada, luego parió a unos perritos. Se semejaban con la madre y con el padre'. Desde esta perspectiva era comprensible la idea de gérmenes que incluyeran unos a otros hasta el infinito. Aun no se conocían los límites de la materia viva e inanimada. Había muchos problemas por resolver: los fenómenos de regeneración (capacidad de ciertos animales de reconstituir partes del cuerpo animal). Los preformacionistas se debían explicar donde estaban los gérmenes y que tipo eran, no tuvieron ninguna explicación desde la teoría preformacionista ante estos fenómenos. Los análisis de la herencia en las poblaciones humanas daban resultados que no concordaban con las predicciones: los rasgos provenían del padre, otro de la madre o a veces ambos.

### **Siglo XVIII: el surgimiento de una nueva explicación**

Surge el concepto de 'molécula viva', partículas que constituyen a los seres vivos. En este siglo, Buffon y Maupertuis intentaban hallar una respuesta distinta de la preformación para explicar los hechos de la

herencia. El concepto de reproducción (producción de un ser vivo a través del agregado de moléculas vivas siguiendo un molde característico de la especie) nace de los problemas que el preformacionismo no podía explicar (la regeneración). Estos científicos creen ver en este concepto la solución al problema de la generación; un ser organizado puede ser disociado en un conjunto de 'moléculas vivas'. La reproducción o generación solo supone un cambio de forma que se hace por adición de las partes. El líquido seminal contiene una muestra compleja y completa de los distintos tipos de partículas que componen los distintos órganos, es la fuerza de atracción la que reúne las partículas para formar un nuevo ser. Es necesario que haya una 'memoria' que guíe la unión de las partículas. Esta memoria es para Buffon una estructura de partículas. La materia utilizada para el crecimiento debe penetrar en el interior de cada parte y con todas las dimensiones según un cierto orden. Esta teoría se llama epigénesis: 'la estructura primaria de un ser vivo se organiza poco a poco a consecuencia de plegamientos, abultamientos e hinchazones a través de una secuencia de operaciones mecánicas en el tiempo y espacio'. A mediados de este siglo, Wolf estudia el desarrollo del pollo, encontrando un aumento considerable en la complejidad del embrión. Esto quedará ignorado hasta XIX cuando se desarrolla la embriología experimental. La idea de una concepción elemental queda en el siglo XVIII fuera de las posibilidades de la experimentación y observación. Buffon intenta demostrar la existencia de moléculas organizadas y su poder de combinarse, pero sus resultados no convencen a nadie. Para los preformacionistas la teoría de epigénesis revitalizaba la teoría de la generación espontánea, ya que si existían moléculas orgánicas que podían juntarse por calor, ¿por qué no se podrían generar animáculos?

- *Retomando la vieja polémica: ¡los espontaneístas contraatacan...!*

En 1745 Needham realizó un experimento que favoreció a la generación espontánea de los animáculos. Colocó un caldo en un frasco tapado, lo hirvió con el objetivo de destruir gérmenes luego el caldo se llenó de animáculos. Inferió entonces que solo podría provenir de una generación espontánea.

Los primeros trabajos de los preformacionistas Spallanzani trataron de refutar esta hipótesis. Reprodujo el mismo experimento pero con frascos mejor tapados y un calentamiento más prolongado. Los animáculos no aparecieron. Needham alegó que el experimento era totalmente diferente porque con más calentamiento destruía la fuerza vital esencial para la producción de vida.

- *Una revisión del debate*

El problema de la generación de los seres se divide en dos ramas: una, la que concierne al desarrollo de los seres más organizados, debate si los seres se originan por gérmenes y solo crecen hasta alcanzar la madurez o si el desarrollo implica aumento de complejidad, agregando partes y moléculas orgánicas a una masa y que gradualmente se convertirá en un nuevo ser, este es el debate preformación-epigénesis. La otra rama refiere a la génesis de los animáculos, seres microscópicos que parecían haber aparecido de la nada. Discutían sobre si estos seres habían originado espontáneamente de la materia inerte o su origen es a través de gérmenes dispersos en el aire, debate espontaneísmo-antiespontaneísmo. Los partidarios de la epigénesis también lo eran de la generación espontánea de los animáculos, que se originaban por la descomposición de la materia. Los preformacionistas creían que toda aparición de un nuevo ser respondía a gérmenes preexistentes. Los epigenetistas daban mucha importancia al tema de la regeneración, reproducción de partes u organismos enteros al punto de aplicarlo a todos los seres, a partir de la idea de la existencia de moléculas propias de los seres vivos que se van agregando para constituir al ser complejo gracias a la memoria. Incluyen así el tema de la organización que va más allá de la estructura visible y que tiene relación con la estructura oculta. La fuerza vital incorporada en el s. XVIII es fundamental como explicación 'del mantenimiento de la cohesión del ser, para asegurar el orden de lo vivo en oposición al desorden de la materia animada. Es una fuerza de una calidad especial que confiere sus atributos a los seres organizados, que mantiene unidas a las moléculas pese a las fuerzas exteriores que tienden a separarlas' explicaba Jacob. Los defensores del preformacionismo se niegan a admitir que un animal pueda nacer de una aposición mecánica de moléculas. Niegan que una viscosidad que parece organizarse no esté ya organizada. En XVIII se establece una clasificación de los seres vivos.

Los preformacionistas acordaron en que la transformación de las especies a lo largo del tiempo es una imposibilidad física (fijismo). Los epigenetistas fueron defensores de la posibilidad de una transformación gradual de las especies (transformismo).

## **Siglo XIX: la resolución de un enigma**

En ese año aun existía el problema de la generación espontánea de los animáculos. En 1832 se establece el concepto de célula como unidad de lo viviente y se comienza a estudiar su estructura. El concepto de

especie se liga al de reproducción y ambos se establecen explicando cómo se mantiene a lo largo del tiempo una especie. Luis Pasteur en 1860 destierra la idea de la generación espontánea ya que realiza un experimento que mantenía las condiciones apropiadas para la generación de la vida. Tomo frascos con caldo en putrefacción con cuellos 'de cisne'. Luego de hervirlos durante el tiempo necesario para matar a los microorganismos del caldo, se observó la no aparición de nuevos microorganismos. Explico la existencia de gérmenes en el aire que no podían entrar al frasco por su forma. La fuerza vital necesaria para organizar las moléculas dando lugar a los seres vivos, podría haber entrado en el frasco, si existiese.

### **Siglo XX: ¿El fin de las polémicas?**

Por un lado, el embrión se desarrolla aumentando su complejidad de manera gradual, pero ese aumento de complejidad es determinado y regulado por órdenes que da el ADN.

Dice Elsasser 'La teoría de la preformación proclama que hay una copia completa, un modelo en miniatura del adulto, en cada germen. La teoría de la epigénesis, en cambio sostenía que el germen no es sino un grumo de sustancia dotado de potencial para crecer hasta el grado adulto. La relación entre preformacionismo y epigénesis está en el fundamento de la semiautónoma de los procesos de desarrollo. Por el lado observacional hay abundantes testimonios a favor de cada una. Las pruebas decisivas de que la molécula de ADN es un órgano de almacenamiento de información ciertamente proporcionan una base bien sólida a un preformacionismo algo moderno'.

Dice Maynard Smith 'Los preformacionistas sostenían que tenía que haber en el huevo, un adulto en miniatura, pero perfectamente formado: el desarrollo consiste entonces en un mero crecimiento en tamaño'. Dice Gould 'Desde nuestra perspectiva actual los epigenetistas tenían razón: los órganos se diferenciaban secuencialmente a partir de rudimentos más simples en el transcurso del desarrollo embrionario: no existen partes preformadas. Los preformacionistas tenían también razón en insistir en que la complejidad no puede surgir de una materia prima informe, que debe existir algo adentro del huevo que regule su desarrollo.

## **CAPITULO 3 'Origen de la ciencia natural moderna'**

### **El nacimiento de la ciencia moderna**

Cuando hablamos de ciencia natural nos referimos a las disciplinas científicas que tratan de explicar fenómenos naturales, aquellos en los cuales el hombre no es el objeto de estudio. Por ejemplo, la física, química o biología. Cuando el objeto de estudio es el hombre y sus relaciones sociales, hablamos de ciencias sociales, por ejemplo la sociología, psicología, antropología, economía, ciencia política, etc.

La obra de Copérnico sobre la revolución de las esferas celestes suele ser considerada como el detonante de un período que se conoce como Revolución Copernicana, que no solo alumbró una nueva cosmología sino que coincidió con un cambio en la manera de hacer ciencia, conocido como Revolución Científica del s. XVII. Es común que se cite a Galileo como fundador de la ciencia moderna, pero hubo otros científicos. Entre estos, no solo los discípulos de Galileo sino también aquellos que trataron otras disciplinas. La física antigua adoptaba una metodología que podemos llamar demostrativa. Los científicos procedían determinando enunciados verdaderos de los que se deducían otros que daban cuenta de las observaciones. El cambio proviene de un cambio de actitud de los científicos hacia esos enunciados verdaderos. La ciencia moderna adopta una postura sobre que los únicos que pueden brindar alguna información acerca de la verdad de los enunciados acerca de sucesos del mundo real son, los sucesos del mundo real. Suele llamarse a la nueva ciencia, ciencia teórico-experimental.

Tanto en la ciencia demostrativa como en la experimental se utiliza la deducción para obtener enunciados acerca de hechos del mundo a partir de otros enunciados. Pero se diferencian en el carácter de los enunciados iniciales, mientras que en la ciencia antigua eran enunciados verdaderos, en la ciencia experimental eran sólo conjeturas obtenidas de la observación metódica. La ciencia fáctica es aquella que habla sobre los hechos del mundo real mientras que la ciencia formal no tiene ninguna referencia en el mundo. También veremos con más detalle la metodología de la ciencia experimental cuando trataremos el método hipotético-deductivo, el inductivo y lo relacionado con la contrastación de teorías. Otra diferencia entre las dos épocas está en la observación. Los científicos antiguos observaban pero de manera diferente. Con la nueva ciencia los elementos a observar no resultaban solo cualitativos sino que eran cosas medibles, cuantificables. Por ejemplo, en el s. XVI se sabía que el agua no ascendía por un tubo más allá de 10 m. La explicación en la antigüedad se basaba en el postulado de la física aristotélica sobre

la imposibilidad del vacío. Torricelli fue quien dio una explicación, supuso que estamos sumergidos en aire, que pesa y que se comporta de manera similar a un líquido. Todo cuerpo sumergido en aire soporta cierta presión, luego el aire ejerce cierta presión sobre la superficie del agua. Como resultado el agua sube por el sorbete hasta que la presión que ella ejerce iguala a la que ejerce el aire. La ciencia moderna se preocupó de un problema práctico: que no pudiera extraerse agua de un pozo de más de 10 m. En segundo lugar utiliza magnitudes cuantificables para desarrollar su teoría: mide pesos específicos y la presión atmosférica. Por último, establece relaciones matemáticas entre magnitudes cuantificables. Torricelli además de predecir que ocurriría lo comprobó experimentalmente. Esta es la diferencia más relevante con la ciencia antigua. Los nuevos científicos realizan observaciones activas, en condiciones controladas y con magnitudes medibles. Con la ciencia moderna nace la noción de control de variables.

### Cuestiones metodológicas

Tanto la ciencia moderna como la antigua usan la deducción para obtener consecuencias. Este, se trata de un razonamiento lógico. Por otra parte la ciencia moderna conjetura hipótesis y a partir de ellas deduce lo que debería ocurrir. El paso siguiente consiste en revisar si las observaciones coinciden o no con lo deducido. Esto es lo que sostiene el método hipotético-deductivo y el método para chequear hipótesis de la ciencia moderna. Mediante la observación de ciertos hechos ponemos a prueba una hipótesis, los posibles resultados es que ocurra o no. Si ocurre, ¿quiere decir que es cierto? El otro problema se refiere a la observación, una de las características de la ciencia moderna radica en que la fuente de verdad la brinda la observación de los hechos, pero ¿es una fuente confiable? La observación permite chequear la corrección de una hipótesis, pero cuando la observación es mediante un instrumento se sustenta en una teoría que fundamenta su funcionamiento y podría no ser correcta.

## CAPITULO 4: 'Lógica'

La lógica se ocupa de analizar cómo son las inferencias que hacemos a diario. En la ciencia se utiliza especialmente el razonamiento deductivo.

### Tipos de inferencias

La lógica se ocupa de los enunciados, su estructura interna y la forma en que se combinan para generar nuevas proposiciones más complejas y de las reglas por las cuales se puede inferir cierta proposición llamada 'conclusión' a partir de otras llamadas premisas, y condiciones que debe cumplir un razonamiento para ser válido. Los tipos de inferencia son deductiva, inductiva y abductiva. Hay un acuerdo entre científicos sobre la lógica deductiva.

- *Deducción*: se caracteriza por conservar la verdad, una conclusión se infiere válidamente de las premisas cuando la verdad de éstas conduce inevitablemente a la verdad de la conclusión, es decir no hay manera que la conclusión sea falsa al menos que una de las premisas sea falsa.

Lo único que interesa para determinar si un razonamiento deductivo es válido o no, es la forma lógica de las premisas y conclusión.

Ejemplos:

Todos los entrerrianos son argentinos

Todos los argentinos son latinoamericanos

Todos los economistas son funcionarios

Todos los funcionarios son asesinos peligrosos

---

Todos los entrerrianos son latinoamericanos

---

Todos los economistas son asesinos peligrosos

Estaríamos inclinados a negar la verdad de la conclusión del segundo razonamiento, como también de las premisas. Ambos tienen la misma forma lógica:

Todos los M son A

Todos los A son B

---

Todos los M son B

Es una forma de razonamiento válida, para que sea falsa la conclusión es forzoso que al menos una premisa sea falsa. La deducción está limitada en el sentido que la conclusión no asevera la verdad de nada que no estuviera escondido de alguna manera en las premisas: no es por vía de la deducción que encontraremos nuevas verdades.

- **Inducción:** involucra un proceso de generalización, partiendo de varias premisas de casos particulares de un mismo tipo, concluye la misma afirmación pero referida a todos los casos de ese tipo.

Ejemplo:

El enanito 1 tiene poderes mágicos  
 El enanito 2 tiene poderes mágicos  
 El enanito 3 tiene poderes mágicos

---

Todos los enanitos tienen poderes mágicos

Las limitaciones son que no puede estipularse cuántas premisas se necesitan para justificar la conclusión, la verdad de la conclusión no está asegurada por la verdad de las premisas.

- **Abducción:** ejemplo: Cuando pasa el afilador suena el timbre entre las 10 y las 11  
 Pasa el afilador  
 Suena el timbre entre las 10 y las 11

Lo que ocurrió es que yo sabía que el timbre había sonado y se toma como punto de partida, junto con la afirmación general 'Cuando para el afilador suena el timbre entre las 10 y las 11' para afirmar que se trata del afilador. Se esquematiza así:

Cuando para el afilador suena el timbre entre las 10 y las 11  
 Suena el timbre entre las 10 y las 11

---

Pasa el afilador

Este razonamiento parte de una afirmación general y una afirmación de un hecho y conduce a conjeturar la ocurrencia de un hecho previamente desconocido. Es preciso que la conjetura cumpla la condición de que de ella y de la afirmación general se deduzca el resultado.

### Razonamientos deductivos y reglas de inferencia

Se utiliza a menudo el razonamiento deductivo, que partiendo de determinadas premisas nos permite llegar a una conclusión cuya verdad está garantizada mientras que las premisas hayan sido verdaderas. La lógica estudia entre otras cosas las condiciones para que un razonamiento deductivo sea válido, estas están dadas por determinadas reglas de inferencia. La lógica también se ocupa de decirnos que formas de razonamientos garantizan que las conclusiones se deducen de las premisas.

### Algunos conceptos de lógica proposicional

Una oración declarativa (que afirma un estado de cosas) enuncia una proposición, también llamado enunciado. Para saber si una oración dada expresa una proposición será que a toda proposición le corresponde un valor de verdad, debe ser necesariamente verdadera o falsa.

Usamos letras minúsculas para representar proposiciones. Los conectivos lógicos son:

La conjunción: ' $\wedge$ ' = 'y'

La disyunción: ' $\vee$ ' = 'o'

La negación: ' $\neg$ ' ó ' $\sim$ ' = 'no'

Los conectivos lógicos se interpretan por medio de tablas de verdad que indican el valor de verdad de las proposiciones compuestas en términos de los valores de verdad de las proposiciones componentes:

P	Q	$P \wedge Q$	$P \vee Q$	$\sim Q$
V	V	V	V	F
V	F	F	V	F
F	V	F	V	V
F	F	F	F	V

- **El condicional material y la inferencia**

El llamado condicional material ( $\rightarrow$ ) significa entonces. Ejemplo: llueve  $\rightarrow$  el patio se moja. Solo afirma que no ocurre que llueva y el patio no se moja. Deja abiertas las tres posibilidades restantes:

1. Que llueva y el patio se moje
2. Que no llueva y el patio se moje
3. Que no llueva y el patio no se moje

La tabla de verdad es:



P	Q	P->Q
V	V	V
V	F	F
F	V	V
F	F	V

Solo muy pocas de las oraciones del lenguaje corriente que tienen la estructura 'si... entonces...' pueden asimilarse al condicional material sin deformar su sentido. Al tratar de simbolizar por medio del condicional material debemos ser cuidadosos de que este represente adecuadamente el sentido de la oración.

- **Razonamientos válidos**

La lógica estudia condiciones formales de validez de un razonamiento. Lo que si deben garantizar las reglas de inferencia es que siempre que las premisas sean verdaderas, lo sean también las conclusiones. Un razonamiento no es válido si las premisas sean verdaderas y la conclusión falsa.

En lógica se suele reemplazar cada uno de los enunciados por una letra que lo simboliza. Un razonamiento que tiene premisas p1, p2, etc., y una conclusión q, es válido si es imposible que p1, p2, etc., sean verdaderas y al mismo tiempo sea q falsa.

- *Modus ponens*: premisa 1  $p \rightarrow q$   
 Premisa 2  $p$   
 Conclusión  $q$

Es un razonamiento correcto, ya que no es posible que ambas premisas sean verdaderas y la conclusión falsa teniendo en cuenta la tabla de verdad

- *Modus tolens*: sea ahora sabiendo que el patio se moja, me entero de que esta seco, entonces no está lloviendo. Mi razonamiento fue:

Premisa 1  $p \rightarrow q$   
 Premisa 2  $\sim q$   
 Conclusión  $\sim p$

Este también es un razonamiento correcto. En ciencia se utiliza cuando no se cumple alguna de las consecuencias lógicas de la hipótesis o conjetura que se desea poner a prueba.

- *Falacia de afirmación del consecuente*: sé que si llueve el patio se moja. Veo el patio mojado y digo está lloviendo. Este razonamiento, que no es válido se esquematiza:

Premisa 1  $p \rightarrow q$   
 Premisa 2  $q$   
 Conclusión  $p$

Esta no es una inferencia valida, de acuerdo a las tablas de verdad. Es frecuente que necesitemos evaluar una conjetura por sus consecuencias: acabamos de ver que en ese caso la verdad de nuestra conclusión no está garantizada. La lógica no nos avala; debemos buscar apoyo de otro tipo.

## CAPITULO 5: 'Problemas metodológicos'

### Introducción a la metodología de las ciencias naturales

Una buena descripción del mundo sirve para explicar los acontecimientos que ocurren, ordenar datos de la naturaleza, anticipar la reacción de sistemas naturales, modificar el ambiente de manera de conseguir los objetivos que se propongan. Es decir, las descripciones de la naturaleza parecen cumplir con las necesidades de explicación, predicción y manipulación que el homo sapiens viene poniendo en evidencia. Cuando estas descripciones se apartan de las creencias mitológicas y mágicas, se convierten en teorías científicas. Estas describen alguna parte de la naturaleza que ha interesado a la humanidad. Funcionan como herramienta que nos permite predecir la ocurrencia de acontecimientos del tipo de los que se ocupa la teoría y manipular las condiciones para evitar, provocar o modificar esos acontecimientos. El método científico sería una colección de reglas que indicarían de qué modo se debe actuar para obtener datos, formular hipótesis y comprobar si son correctas. Sin embargo, los metodólogos no han podido dar más que lineamientos pero que en sí mismos tienen tantas dificultades que no parecen constituir un método certero para la obtención de teorías.

Los datos disponibles fijan un límite a las conjeturas teóricas que los explican pero ese límite todavía deja una gran libertad para las propuestas explicativas. Para una misma colección de datos habrá múltiples explicaciones satisfactorias y será necesario poner a prueba esos modelos explicativos. Así en el mejor de

los casos tendremos una descripción que ha sido exitosa en las predicciones y satisfactoria en la manera que ha logrado articular los datos. Cuando nos referimos a los datos disponibles hemos hecho una selección del sistema a estudiar, que será nuestro ámbito de interés y ésta ya es una limitación impuesta por nosotros. En las explicaciones que nos parecen satisfactorias suelen mencionarse conceptos y términos que escapan a nuestra percepción directa.

Las descripciones suelen referirse a cosas que no se detectan de manera directa y sin embargo juegan un rol importante en la explicación. La caracterización de las entidades teóricas ha sido conflictiva, se esperaba obtener un método científico tan eficaz que las teorías se seguirían nutriendo siempre de datos consistentes. El progreso de la ciencia debería haber sido, un avance cada vez más profundo y a la vez más extendido de las teorías sobre la naturaleza. Cuanto más conociéramos de la naturaleza, mas información tendríamos pero también más convencidos quedaríamos de las teorías que nos habían llevado a ese conocimiento. La obtención del conocimiento no parece seguir una receta predeterminada y siempre requiere de la inventiva del investigador para sortear dudas. El progreso de la ciencia comienza a tener un carácter multidimensional en donde juegan importantes papeles la capacidad explicativa, simplicidad, articulación de las teorías la capacidad predictiva y de transformación de la naturaleza y el impulso hacia los desarrollos tecnológicos que esa teoría promueve. Algunas recomendaciones básicas y sugerencias moderadas de cómo comenzar a estudiar los fenómenos naturales han sobrevivido.

### **El contexto de descubrimiento y el contexto de justificación**

Toda práctica científica involucra distintos tipos de actividades de las cuales pueden distinguirse dos ámbitos: el de la creación y puesta a prueba de una teoría y el de la aplicación de las teorías. En el primero, encontramos la actividad que los científicos desarrollan cuando necesitan dar cuenta de algunos fenómenos y generan alguna propuesta explicativa al tiempo que se proponen hipótesis, estas se van poniendo a prueba. En el segundo, da cuenta de cómo se usan las teorías para resolver problemas que al ser resueltos, completan la descripción del mundo que esa teoría pretende dar. No se pretende poner a prueba la teoría sino que se cuenta con ella para obtener ciertos resultados. Dentro del ámbito de la creación podemos distinguir dos aspectos: la propuesta de la teoría y la puesta a prueba de la teoría, llamados contexto de descubrimiento y contexto de justificación. La propuesta de una teoría se puede hacer sobre la base de datos existentes.

O sea que la teoría es previa a alguna colección de datos, será necesario cotejar la teoría con los datos que se recaben posteriormente para corregirla o confirmarla. Es así que los contextos de descubrimiento y justificación están enlazados en un juego de alimentación mutua. Los nuevos datos sirven de base para generar nuevas hipótesis que seguidamente se ponen a prueba dando resultados que a su vez pueden generar la necesidad de nuevas hipótesis. Igualmente se puede hacer una distinción de objetivos, en el contexto de descubrimiento el científico propone hipótesis para explicar algún tipo de fenómeno. En el de justificación se preocupa de ver si esa explicación es adecuada ya que se ajusta a los datos.

Entonces, el contexto de descubrimiento corresponde a la etapa en que los científicos proponen hipótesis que puedan servir para explicar un conjunto de observaciones, y el de justificación corresponde con la tarea de poner a prueba las hipótesis explicativas propuestas en la etapa anterior.

### **Método inductivo**

El conjunto de observaciones puede ser descrito por un conjunto de afirmaciones que relatan las características observadas en cada caso. Una observación es la referente al tamaño de las venas y de las arterias de determinado paciente por ejemplo. Si se agrupan varias observaciones del mismo tipo, como es el caso de que la sección de las arterias en todos los casos observados disminuye según su distancia al corazón, se podría generalizar obteniendo una ley: 'todos los individuos poseen arterias cuyas secciones disminuyen con la distancia al corazón'. Este tipo de proposiciones son afirmaciones empíricas generales, que indican cosas observables y tienen un alcance general ya que se refiere a todos los casos posibles. Algunos de los casos aludidos serán aquellos que fueron registrados y que de alguna manera motivaron la formulación de la hipótesis. Otros no han sido observados, y lo que afirma la hipótesis sobre ellos constituye una predicción. Al formular una hipótesis de tipo general se está afirmando que en todos los casos que se observan y observaran, presentan las características de la hipótesis. Podríamos decir que al formular una hipótesis de tipo general, se pasa del nivel 1 (afirmaciones empíricas singulares) al nivel 2 (leyes empíricas). Entonces parece ser que una manera de obtener las leyes empíricas es generalizar a partir de un grupo de observaciones singulares que muestran cierta regularidad. Este proceso se ha denominado 'método inductivo' y una corriente ha sostenido que éste es el método por el cual los científicos descubren leyes empíricas. Observando un fenómeno en varias ocasiones diferentes,

completando este proceso por medio de una inferencia inductiva, se sugiere que esta regularidad se cumple no sólo para los casos observados sino para todos los posibles. El proceso de inducción es el de generalizar la regularidad encontrada en un conjunto de observaciones que fueron realizadas dentro de una gran diversidad de condiciones. Según la descripción inductivista, la formulación de las leyes empíricas consiste encontrar una regularidad dentro del conjunto de las observaciones registradas y formular una generalización. Este paso de las observaciones a las leyes empíricas se la llama inducción. Luego, se podrá deducir tanto el conjunto de enunciados de observación de que se disponía previamente como nuevos enunciados de observación aún no registrados.

### **Método hipotético-deductivo**

Cuando Harvey propuso la existencia de vasos capilares no estaba generalizando las observaciones previas. No podía hacerlo debido a que los vasos capilares no se veían, de modo que una ley 'todos los individuos poseen vasos capilares que conectan las arterias con las venas' no podría llamarse 'afirmación empírica general' ni 'ley empírica'. Harvey tuvo que realizar un salto creativo. Tuvo que conjeturar la existencia de una entidad que no era observable, tuvo que postular una entidad teórica para su explicación de la circulación sanguínea. Existe otro nivel de afirmaciones además de los que hemos visto, el nivel 3, cuyas afirmaciones se refieren a alguna entidad teórica. Son las que expresaran las leyes teóricas. Si todas las entidades aludidas por la ley son teóricas, diremos que es una ley teórica pura, y si la ley contiene términos teóricos y también observacionales, diremos que es una ley teórica mixta. Si la inducción es el proceso de generalizar las observaciones para obtener una ley, esta ley no podrá referirse a ninguna entidad que no estuviera ya contenida en las observaciones. El método inductivo no puede dar cuenta de la formulación de leyes que aluden a entidades teóricas.

Una corriente de la filosofía de las ciencias sostiene que la obtención de leyes, sean teóricas o empíricas, involucran un salto creativo y que la formulación de una ley no es la generalización de las observaciones, ya que no se necesita un gran número de observaciones para proponer una hipótesis. Si el científico generaliza a partir de observaciones, involucra el salto creativo que significa suponer que para infinitos casos ocurrirá lo observado en algunos. Existe una corriente que no acepta el método inductivo como explicación del modo en que los científicos llegan a formular sus leyes, llamado 'Descripción hipotético-deductivista de la ciencia', que se distingue de 'descripción inductivista de la ciencia'. La diferencia entre estas posturas se introdujo a partir de un ejemplo de ley teórica, es preciso también recordar que ambas corrientes también disienten en la forma de describir la obtención de las leyes empíricas. Según la descripción hipotético-deductiva, la formulación de toda ley o conjunto conlleva un salto creativo por parte del que la formula. Una vez formuladas se extraerán de ellas por deducción algunas conclusiones o consecuencias que permitan la confrontación de esas leyes con la experiencia.

### **El método de contrastación de hipótesis**

Ya sea que las leyes se obtengan por inducción o por salto creativo, ambas corrientes acordaron en que se deben poner a prueba para determinar si estas hipótesis son verdaderas o falsas (se confirman o no por los hechos). Supongamos que queremos poner a prueba la ley: 'Todos los individuos poseen arterias cuyas secciones disminuyen con la distancia al corazón'. Si esta ley se nos ocurrió a partir de la observación de los pacientes 1,2, y 3, una puesta a prueba de la ley fijándonos si se cumple para estos mismos es una condición primordial para que la hipótesis se sostenga. La hipótesis debe explicar las observaciones ya realizadas. El paso siguiente es la puesta a prueba de la hipótesis confrontándola con algún caso que todavía no ha sido observado. Esta puesta a prueba consiste en averiguar si las predicciones que se extraen de la hipótesis se cumplen o no. Si la ley es verdadera y se refiere a todos los casos, entonces también valdrá para el caso del paciente 4, que cumple con las condiciones típicas de los medas. Hemos deducido un enunciado de observación (nivel 1) a partir de una ley empírica (nivel 2): a este enunciado de observación que hemos deducido de la ley lo llamaremos 'consecuencia observacional' (C.O.), ahora se plantean dos posibles resultados: o el paciente 4 presenta las arterias según lo dice el enunciado o presenta otras características que hacen que el enunciado sea falso. En este caso diremos que la consecuencia observacional no se cumple o que es falsa. Para ser más exactos, diremos que si una de sus consecuencias observacionales es falsa, entonces la ley ha sido refutada. La refutación de una ley consiste en que una de sus consecuencias observacionales no se cumpla. Lo que es seguro es que a partir de confirmar la consecuencia observacional no hemos refutado la hipótesis, así que las evidencias con que contamos hasta el momento son compatibles con que la ley sea verdadera. Como la ley pretende ser aplicable a infinitos casos, no podemos saber si en alguna oportunidad será refutada. Podremos confirmar muchas de sus consecuencias observacionales y todavía quedara la posibilidad de que se

refute. Por este motivo es que no podremos verificar una ley (afirmación general) sino que solo podremos aspirar a obtener una corroboración de la misma. Una hipótesis ha sido corroborada cada vez que una de sus consecuencias observacionales se verifique.

### **Aceptación y rechazo de hipótesis en una disciplina fáctica**

El análisis del fundamento lógico en que puede basarse la decisión de rechazar o aceptar una hipótesis científica. Es común en las ciencias que se formulen hipótesis que no pueden ponerse a prueba. En ese caso lo que se hace es poner a prueba experimental alguna consecuencia particular verificable de la hipótesis (consecuencia observacional). Nos referimos a un tipo de relación particular que existe entre ambos enunciados: si es cierta la hipótesis entonces es cierta la consecuencia observacional:  $H \rightarrow CO$ .

Si la consecuencia observacional no se cumple rechazaremos la hipótesis, en caso contrario la aceptaríamos.

- *Dificultades en la aceptación de hipótesis: ¿verificación o corroboración?*

Tomemos como ejemplo la hipótesis 'la nieve es agua congelada'. Si la nieve era agua congelada, deberá fundirse. Considero la consecuencia observacional de mi hipótesis 'si tomo esta porción de nieve y la caliento a más de  $0^{\circ}\text{C}$  se volverá líquida'. El resultado es positivo, ¿es una verificación de mi hipótesis? Llamemos  $p$  a la hipótesis y  $q$  a la consecuencia observacional. Lo que podemos afirmar entonces es la verdad de  $q$  y la verdad de  $p \rightarrow q$ . Si de todo ello queremos deducir  $p$ , sería:

1.  $P \rightarrow Q$
2.  $Q$

Conc.:  $P$

Puede ocurrir que  $p$  no sea el único enunciado del que puede deducirse  $q$ . Incluso que sean contradictorias entre sí. Podría haber quizás sustancias distintas del agua que también funden a  $0^{\circ}\text{C}$ . Una hipótesis dada puede llevar a varias y variadas consecuencias observacionales distintas. En el ejemplo, si la nieve es agua congelada, no solo deberá fundir a  $0^{\circ}\text{C}$  sino además deberá tener cierta respuesta a los rayos X, cierta densidad, etc.

Solo diremos que cada consecuencia observacional verificada es un caso de corroboración de la hipótesis. Y que los científicos tenderán a confiar más en aquellas hipótesis que hayan sido corroboradas a través de mayor cantidad.

- *Dificultades en el rechazo de hipótesis: ¿Cuál es el enunciado que se refuta?*

Cuando no ocurre lo previsto, ej.: la nieve no se funde obtenemos  $\sim q$ , la negación de la consecuencia observacional.

Si era cierto que  $p \rightarrow q$  y nos encontramos al hacer la contrastación con  $\sim q$ , es indudablemente correcto obtener la conclusión  $\sim p$ ; diríamos entonces que se ha falsado la hipótesis. Para deducir  $q$  no usamos solamente  $p$  sino además otras hipótesis (hipótesis auxiliares).

- *Otra dificultad en el rechazo de hipótesis: las hipótesis ad hoc*

Para una teoría la falla en las predicciones está mucho más lejos de indicar la falsedad de sus hipótesis. Frente a una refutación los científicos no abandonan la hipótesis sino que dan argumentos adicionales para explicar la aparente contradicción entre las predicciones de esa ley y las observaciones registradas. De esta manera proponer que hubo una perturbación externa es formular una hipótesis ad hoc que hace mención de una falla en las hipótesis auxiliares que eran imprescindibles en la obtención de las hipótesis derivadas.

Siempre que la hipótesis principal posea términos teóricos cabra la posibilidad de absorber las futuras refutaciones mediante la formulación de hipótesis ad hoc que modifiquen parcialmente la teoría o que hagan explícita la falla de una hipótesis auxiliar. En los casos en que la hipótesis no contenga términos teóricos podrá formularse una hipótesis ad hoc referida al error en la observación.

1. Una hipótesis ad hoc debe ser contrastable independientemente del caso que la motivo. Debe ponerse a prueba más allá del caso para el que fue formulada.
2. Este recurso puede hacer que la teoría mejore respecto de las hipótesis primitivas y se haga más compleja o bien puede enmascarar la falsedad de la teoría y retardar su abandono.
3. El hecho de que una hipótesis ad hoc deba su origen a una discordancia entre la teoría y datos, no debe inducirnos a pensar que este parche a la teoría no deba ser tomado como hipótesis muy importante.

## CAPITULO 6: 'Las teorías científicas: su lenguaje y estructura'

### Entidades teóricas y entidades observables

Podríamos decir que existen cosas de las cuales son percibidas directamente por nuestros sentidos y otras no. Estas últimas, cualidades y relaciones que no son accesibles a nuestra percepción, pueden estar relacionadas con las entidades observables. Este modo indirecto hace que no las podamos entender como entidades observables sino como teóricas. Como ejemplo de entidades observables son los colores, síntomas, signos, etc. A partir de ciertos observables inferimos la existencia de otras entidades como: patologías, presión arterial, circulación sanguínea, etc. Las leyes empíricas contienen solamente términos observacionales y las leyes teóricas contienen algún contenido teórico. Un primer problema que se presenta es el relacionado con la utilización instrumental para la detección de ciertas entidades. Cuando medimos la presión arterial de un paciente, no observamos, sino leemos un valor en la escala del tensiómetro. Decimos de forma abreviada que observamos el valor de la tensión arterial. Este caso es totalmente aceptable y todos coincidiremos en que podemos clasificar a la presión arterial como una entidad observable. Tal teoría aceptada constituye en este caso lo que llamamos carga teórica de la observación, por lo tanto, la presión arterial es una entidad observable con carga teórica.

Las cosas se complican al intentar clasificar entidades como las patologías. En este caso no estaremos tan seguros de aceptar que la epilepsia es observable. Seguramente mantendremos a todas estas entidades en la zona de entidades teorías. Optamos por clasificar como observable a alguna entidad que no es directamente percibida por los sentidos pero que es detectable con la ayuda de algún instrumento de medición simple. La distinción entre entidades observables y teóricas tiene un límite vago, impreciso y además, puede variar de una disciplina a otra. La carga teórica no solamente está relacionada con el uso de un instrumento, sino que a veces se debe implementar una prueba más o menos compleja que permita decidir sobre una variable, y esta prueba puede hacer uso o no de un instrumento en partículas. Existe otro tipo de carga teórica, la del bagaje cultural y profesional que filtra las observaciones de forma que creemos obtener información directa.

- *Carga teórica e hipótesis subyacentes*

La delimitación entre entidades observables y teóricas depende de la aceptación de la teoría que describe el funcionamiento del instrumento en cuestión, y que esto está íntimamente relacionado con el tipo de actividad a la que se dedique cada científico. Existen ciertas hipótesis previas que guían la observación, llamadas 'hipótesis subyacentes' también constituyen una carga teórica para esas observaciones. El proceso de observación consiste en percibir e interpretar a partir de la recepción de estímulos. Ejemplo: si el estímulo del ruido nos llega en un momento en el que estamos resguardándonos de la lluvia, interpretaremos este ruido como truenos, en otra ocasión, si pasamos cerca de un edificio que está siendo demolido, percibiremos el ruido como proveniente de la caída de los escombros. Cuando nosotros miramos por una ventana y vemos pasar una gaviota planeando, difícilmente nos preguntemos sobre qué otra cosa podría haber sido sino una gaviota. Cuando observamos, nuestras hipótesis subyacentes guían la interpretación. Debemos hacer un esfuerzo para descubrir estas hipótesis subyacentes, y si queremos encontrar una interpretación alternativa del estímulo. Por ejemplo, una interpretación alternativa sería que lo que pareció una gaviota era un pájaro artificial de un aficionado al aeromodelismo. Cuando decidimos comenzar un relevamiento (colección de datos) de cualquier índole, seguramente aplicaremos una serie de criterios por los cuales damos importancia a algunos datos y a otros no.

No podemos observar sin que haya una parte teoría presupuesta, no hay hipótesis sin observaciones, pero tampoco hay observaciones puras sin hipótesis. Los inductivistas sostienen que la acumulación de datos de observación nos permite generalizar. Esto es pasar de las observaciones puras a las leyes empíricas o generales universales. Cada observación contiene una carga teórica ineludible. Entonces no podríamos asegurar que en el proceso de generalización no se han involucrado condimentos teóricos. Esto ha sido una de las críticas más agudas al inductivismo.

### Estructura de una teoría científica

De acuerdo a su alcance un enunciado puede ser singular o general (si aplica a un caso particular o a todos los posibles). Las afirmaciones empíricas singulares (nivel 1) son aquellos enunciados que referidos a una situación particular describen lo observado. Las leyes empíricas (nivel 2) son afirmaciones acerca de fenómenos observables pero que por referirse a todos los casos posibles de ese tipo de fenómeno tienen un alcance universal. Las hipótesis o leyes teóricas (nivel 3) son enunciados generales pero contienen al

menos un término que denota una entidad teórica. Si la ley contiene exclusivamente términos teóricos se trata de una ley teoría pura, mientras que si hay además algún término observacional se trataría de una ley teórica mixta. Una función de las leyes teóricas mixtas es la de relacionar las entidades teóricas postuladas con las entidades observables de la teoría. Se establece un puente entre las entidades que postulamos sin haberlas observado y nuestra base empírica. Se llama 'principio puente' a estas hipótesis. Las leyes teóricas puras relacionan solamente las entidades teóricas que han sido postuladas por la teoría, el significado de estas entidades queda establecido por la teoría que las propone. Se llama 'principios internos' a estas leyes. Para que una teoría sea sometida a una contrastación o se la use para explicar ciertos fenómenos, son necesarias otras hipótesis no pertenecientes a la teoría en cuestión, hipótesis provenientes de teorías previamente enunciadas que prestan una función auxiliar, estas son 'hipótesis auxiliares'. Los principios internos no guardan ninguna relación directa con lo observable. Los principios puente cumplen la función de conectar las entidades teóricas con las entidades observables. De los principios internos y puente junto con las hipótesis auxiliares es posible deducir leyes empíricas, y de éstas obtener las consecuencias observacionales. En la medida que las entidades teóricas de una teoría no están completamente definidas, sino que su significado se va ajustando, es posible la inserción de las hipótesis ad hoc y la estrategia de sostener la teoría disolviendo las refutaciones que se presenten. Cuanto más vaga es la formulación de una hipótesis, menos fuerza explicativa contiene. En la medida en que las hipótesis son menos refutables, sus predicciones son menos precisas.

## CAPITULO 7: 'Explicación científica'

### Explicación y comprensión

Cuando se aborda el tema de la explicación, aparece el de la comprensión, sin embargo ambos conceptos tienen algunas diferencias importantes. La más importante, es que la comprensión es una noción ligada al individuo y por lo tanto minada de subjetividad mientras que la explicación pretende algún grado de independencia y objetividad. Puede ocurrir que una explicación de cierto fenómeno resulte satisfactoria para un individuo y colabore en la comprensión para él, mientras que no lo sea para otro. Suele ocurrir que la explicación oficial a algunos les resulta satisfactoria mientras que otros no, les brinda comprensión a algunos pero no a otros. El término 'comprensión científica' resulta habitualmente sumamente vago. Salmon, distingue distintos sentidos para el término comprensión:

- a- comprensión de significados, incluye la comprensión de símbolos, obras artísticas o lenguaje de civilizaciones.
- b- comprensión como empatía, compartir sentimientos o emociones.
- c- comprensión de propósitos, sean naturales o sobrenaturales.
- d- comprensión de fenómenos naturales.

Esta última, incluye lo que llamamos 'comprensión científica'. Nos interesan entonces aquellas explicaciones que permitan acceder a la comprensión científica. Podemos estar refiriéndonos, con el término explicación, a dos cosas distintas: por un lado, el proceso por el cual una persona comunica algo a otra con la intención de que comprenda un determinado fenómeno, o por otra parte, podemos referirnos al contenido de lo que dice quien brinda la explicación. Podemos referirnos a cual es la explicación o a como se da la explicación. En muchos casos se apela a recursos gráficos para ayudar.

Existe un elemento que no depende de las características particulares de un proceso de explicación. Lo que se llama contenido de la explicación, que resulta independiente de quien lo expresa y del contexto en el cual se brinda la explicación.

### Tipos de explicación

- *La explicación como argumento*

¿Por qué con la última lluvia que cayó se inundó Bs. As? La explicación usual de esto es que la ciudad tiene desagües preparados para evacuar un caudal X de agua y que ese día el caudal fue Y, mayor que X. La explicación se completa con: si en un conducto de líquido la cantidad que entra es mayor que la que sale, el conducto rebalsa. En primer lugar lo que se desea es explicar un hecho particular, para hacerlo se cita una situación particular que se da en esta ciudad y ese día, finalmente se hace necesario enunciar leyes que permitan vincular los desagües con la inundación. Los enunciados están relacionados mediante un razonamiento tipo deductivo. Este modelo se conoce como 'nomológico-deductivo', considerado el modelo clásico, quien lo creó Hempel. En este modelo una explicación es un razonamiento deductivo en el

cual la conclusión es el enunciado del hecho que se desea explicar y entre las premisas encontramos el enunciado de al menos una ley universal y los enunciados que fijan las características particulares de la situación que llamaremos condiciones iniciales.

Se podría esquematizar así:

Premisa 1	Enunciado de la ley 1
Premisa 2	Enunciado de la ley 2
.....	.....
Premisa n	Enunciado de la ley n
Premisa n+1	Condición inicial 1
Premisa n+2	Condición inicial 2
.....	.....
Premisa m	Condición inicial (m-n)
Conclusión	Enunciado del hecho a explicar

Las condiciones de este modelo serian citar leyes y condiciones iniciales de las cuales se deduce el hecho a explicar. Uno de tales requisitos adicionales es la necesidad de que la información citada en las premisas sea relevante para lo afirmado en la conclusión.

La diferencia entre explicar y predecir es que, explicamos hechos que ya han ocurrido y hemos observado y predecimos otros que aún no hemos observado. Se pueden proponer muchas teorías que expliquen un mismo conjunto dado de observaciones, una manera de identificar cual es la que mejor se ajusta al conjunto de hechos del mundo es haciendo nuevas predicciones de manera de ver si lo que uno registra sobre el objeto de estudio que está tratando responde o no a lo que la teoría dice.

- *La explicación causal*

En general todas las explicaciones de tipo causal tienen esta forma: la ocurrencia de A se explica a partir de la ocurrencia de B pues B es causa de A. basta encontrar la causa de aquello que se quiere explicar. La situación no es tan simple cuando se presta atención a la relación establecida: causa-efecto. Esta relación tiene como característica principal la asimetría: la caída de un rayo es causa de un incendio pero el incendio no es causa de la caída del rayo. Esta propiedad es compartida por la explicación: si explicamos un suceso A citando otro suceso B como explicativo, no será aceptable explicar B citando A.

- *La explicación teleológica*

En algunas oportunidades los hechos son explicados a partir de propósitos. Este tipo de explicaciones no son habituales en ciencias naturales. Muchos animales reaccionan de manera peculiar ante la presencia de algo extraño que ven como agresor. Una explicación de tal conducta es que los animales realizan tales actos para que el agresor los persiga a ellos y así se alejen de sus crías.

- *La explicación estadística*

Es común que se utilicen leyes de tipo estadístico para brindar explicaciones. Los médicos explican que Juan haya contraído cáncer de pulmón debido a que es un fumador empedernido. Se sustenta sobre una ley estadística que dice 'Los fumadores empedernidos tienen una posibilidad X de contraer cáncer de pulmón'. En este caso no puede armarse un razonamiento deductivo con la ley anterior y la condición inicial de que Juan es un fumador empedernido ya que la conclusión, Juan enferma, no se obtiene válidamente. Para este tipo de explicaciones se han propuesto otros modelos:

- *El modelo de explicación inductivo-estadística:* creado por Hempel, afirma que lo que puede obtenerse, no deductivamente, a partir de la ley y la condición de que Juan es un fumador, es que Juan tiene una probabilidad X de contraer cáncer de pulmón.

En forma general:

Al menos una ley estadística relevante	
Datos iniciales	(con una probabilidad X,
_____	la citada en las leyes)
Hecho a explicar	

En la discusión sobre este método indagamos sobre el significado de las leyes estadísticas y de las 'predicciones' probabilísticas. Una característica del modelo es que la probabilidad X mencionada debe ser alta para que el argumento resulte explicativo.

- *El modelo de relevancia estadística:* Salmon propuso este modelo que da cuenta del ejemplo anterior, de la cura de Pedro pues solo afirma que la explicación estadística permite identificar los elementos que resultan causalmente relevantes para el hecho que se desea explicar. Este modelo afirma que un facto F

es estadísticamente relevante para la ocurrencia de un suceso A si la probabilidad de que ocurra A dado que ocurrió F es distinta de la probabilidad de que ocurra A simplemente.

Se puede simbolizar:

$$P(A/F) \neq P(A) \quad [1]$$

Donde  $P(A/F)$  se lee 'probabilidad de que ocurra A dado que ocurrió F'.

Este modelo no impone condición de mayor o menor probabilidad, tan solo propone que si se verifica [1] entonces F es estadísticamente relevante para A.

## Conclusión

El modelo nomológico-deductivo requiere que se citen leyes universales. Pero, ¿existen leyes naturales en el mundo o sólo son una construcción humana para dar cuenta de él? Esta pregunta abre por un lado una discusión muy amplia que es la que se plantea entre realistas y no realistas científicos y por otro la discusión acerca de la naturaleza de los universales.

Un modelo causal requiere la elucidación (aclaración de lo que es) de la relación causal. La misma pregunta formulada sobre las leyes universales se puede hacer para esta relación. También se discute hoy si se puede haber causas posteriores al efecto.

Las explicaciones estadísticas apelan a leyes estadísticas y probabilidades de sucesos. Esto requiere elucidar la naturaleza de las leyes estadísticas y también el significado de la probabilidad.

## CAPITULO 8: 'El problema de las leyes estadísticas'

### El método estadístico

Una dificultad en la obtención de teorías es que no todas las veces obtenemos leyes generales, sino que encontramos que los datos recogidos nos indican un porcentaje de casos que cumplen con cierta característica. Existe alguna relación estadística. Ejemplo: sabemos que no todos los niños que tengan contacto con un niño con sarampión se contagiarán. Pero es cierto que el porcentaje sí lo hará. Los datos nos permiten proponer la ley estadística que relaciona el estar en contacto con el contagiarse. El 75% de los niños que entran en contacto con un niño enfermo de sarampión, se contagian. Esta ley cumple con cierta característica y da la información complementaria del porcentaje de casos que no cumplen con esa característica. Esto ha llevado a una confusión para refutar la ley. Se argumenta que las leyes estadísticas no pueden refutarse ya que si un caso no cumple con lo que indica el enunciado entonces cae dentro del conjunto complementario que está contemplado por la ley. Sin embargo, la ley ha sido establecida a partir del estudio de conjunto de casos individuales, o sea son conjuntos de casos individuales. Y luego, contrastar la ley. Para poner a prueba esta ley, no basta con el análisis de un caso en el que un niño visita a su amigo que tiene sarampión. Para poder ponerla a prueba sería necesario que un lote de niños visiten a su amigo enfermo y luego podremos determinar si en ese lote el 75% de los visitantes se ha contagiado. Si es así, hecho corroborado la ley. Si en cambio en porcentaje es distinto, entonces tendremos motivos para rechazar la ley. No encontramos una refutación a la ley estadística aunque podemos tomar una decisión sobre la aceptación o rechazo de la ley. El problema se agrava a partir de intentar obtener inferencias a partir de estas leyes. A partir de esta ley y el dato de que Juan ha visitado a su amigo, deseamos obtener alguna predicción sobre el contagio de Juan. Hempel sostiene que se puede obtener una inferencia que dice: la afirmación 'Juan se contagia' se puede inferir con el 75% de probabilidad.

Esquemáticamente:

Ley: El 75% de los niños que entran en contacto con un niño enfermo de sarampión, se contagia.

Dato: Juan visitó a su amigo enfermo de sarampión.

\_\_\_\_\_ (con el 75% de probabilidad)

Juan se contagia.

La línea que divide las premisas de la conclusión es doble para indicar que es una inferencia estadística. No queda muy claro que significa el 75% de probabilidad. Sea como sea que se resuelva la predicción estadística para un solo caso, las leyes estadísticas nos permiten predecir la composición de los lotes de casos. Otro ejemplo: tiramos una moneda cien veces para ver si está cargada, si no está cargada es simétrica, por lo tanto esperamos que salgan tantas caras como cruces. También aceptamos que el resultado pueda diferir del 50% de caras y 50% de cruces. Podrían haber salido 60 y 40. Con este último resultado no sabríamos si la moneda está cargada o fue solo el azar. Mucho peor aun si es que obtenemos 100 veces cara. Todos los resultados son posibles aunque algunos con mayor posibilidad que otros. Esto



muestra que no disponemos de un resultado que lógicamente nos indique la falsedad de la ley. En general aceptamos que los casos de probabilidades pequeñas son indicativos de que la moneda está cargada. Será un criterio práctico el que nos permitirá tomar decisiones. Esta necesidad de tomarla por ausencia de un respaldo deductivo permanece siendo un problema para la contrastación de las teorías con leyes estadísticas. En cuanto a la aplicación de las leyes estadísticas para un solo caso, hay una manera distinta de entender la ley. Para el caso del contagio de Juan tenemos una expectativa de que Juan de contagie del 75%. Esa expectativa es racional. Lo mismo ocurre cuando elegimos salir con paraguas cuando escuchamos que hay 90% de probabilidad de lluvia. Aun cuando las leyes estadísticas no digan nada certero sobre un caso particular, son útiles en la toma de decisiones racionales referidas a esos casos. Estas leyes son muy buenos indicadores del sistema global. También son muy importantes en la toma de decisiones en las ciencias sociales.

### **La naturaleza de las leyes estadísticas**

Cuando tiramos una moneda al aire y la moneda está en perfectas condiciones esperamos que los resultados en una gran serie de pruebas muestren un porcentaje parecido al 50% cara y 50% cruz. Si con los sucesivos intentos predomina un resultado sobre otro, seguramente sospechara que es inhomogeneo. Si cada vez que tira cien veces la moneda, la mas de las veces sale cara, debería apostar cruz.

El ejemplo de la moneda es un caso típico en donde el azar en el resultado de un solo tiro no puede eliminarse aunque tengamos razones muy valederas para esperar que en una cantidad grande de pruebas, el resultado cara se obtenga en el 50% de las veces aprox. Obtuvimos así una ley: el 50% de las veces que se arroja esta moneda al aire, sale cara. Pero, si supiéramos a qué velocidad se lanzo, con que ritmo de rotación, como choca contra el piso, cual es la elasticidad, etc. podríamos anticipar el resultado. La naturaleza de los objetos mecánicos es determinista, o sea dada una situación inicial el sistema evolucionara de acuerdo a leyes universales hacia un estado final determinado. En este caso la ley de la moneda, resultado estadística por la imposibilidad de tener en cuenta todos los detalles. En este caso es una ley que pretende disimular nuestra ignorancia sobre las condiciones iniciales exactas.

Imaginemos un caso sencillo, la moneda está compuesta por átomos que pueden en cualquier momento cambiar su estado de energía. Si en el momento que la moneda cae, el átomo toma contacto con el piso y ocurre un cambio de energía, entonces el resultado del choque puede ser muy diferente. Lo peor del caso es que las teorías atómicas y nucleares que disponemos, contemplan la posibilidad de que un núcleo cambie su energía de forma espontanea. Algunos físicos que se resisten a que la naturaleza sea indeterminista creen que aunque no podamos detectar las verdaderas condiciones que hacen que el núcleo se comporte así, seguramente debe existir alguna causa para el cambio de energía. Otros científicos aceptan la idea de que la naturaleza pueda ser indeterminista y que su descripción debe ser estadística. La discusión sobre la naturaleza de las regularidades estadísticas cobrara gran importancia en las ciencias sociales. Una corriente tendrá la aspiración de poder registrar en el futuro todos los factores que influyen sobre una persona y al combinar esta información con las leyes psicológicas se podrá calcular el curso de acción que elegirá. Mientras que otra corriente puede opinar que las leyes psicológicas son estadísticas y solo muestran la forma en que toma decisiones un individuo en un determinado porcentaje de veces. Muchos investigadores creen en las leyes universales pero sostienen la imposibilidad de la predicción, suscriben una posición en donde las leyes estadísticas suplen la información individual precisa. Otros sostienen que los fenómenos psicológicos y sociales deben abordarse desde un tratamiento estadístico debido a la naturaleza misma de esos fenómenos. Por último, está el grupo de los que sostienen que ni siquiera se podrán encontrar leyes estadísticas, cada situación es singular y única.

## **CAPITULO 9: 'Medición de variables y diseño experimental'**

### **Diseño experimental**

Cuando se realiza una investigación en ciencias naturales nos dedicamos a recolectar datos que permitan poner a prueba nuestras hipótesis de esos procesos. Al cabo, realizar experiencias. Ahora, si queremos ver cuál es la reacción de un paciente a un determinado medicamento, debemos administrárselo. Luego registramos si el paciente mejora o no. ¿Esta mejoría se debe al medicamento o al hecho de darle una inyección? Es posible que algunos pacientes mejoren por el solo hecho de saber que están realizando un tratamiento. Esto se llama efecto placebo.

Imaginemos que queremos probar la eficacia de un curso de capacitación en computación. Tomamos un examen diagnóstico a los alumnos, luego damos el curso y tomamos otro al final del curso. Si el curso es bueno, deberán tener mejores resultados. Imaginemos que en la prueba final todos sacaron mejor puntaje, entonces concluimos que es curso es recomendable. Pero si tenemos en cuenta que cada estudiante tiene una computadora en su casa donde puede buscar información, como sabemos si la mejoría es por el curso o por merito propio. Necesitamos medir también cual es el aprendizaje habitual, en ausencia del curso. Necesitamos dos grupos de personas: los que tomen el curso y los que no. Luego de evaluar, se nota que el aumento de conocimientos fue mayor en el grupo que asistió. Si preguntamos a un grupo de estudiantes quienes quieren participar de un experimento para evaluar nuevas estrategias didácticas, quizás recolectemos estudiantes que tienen interés en las innovaciones, o disponen de tiempo. Esta selección no sería adecuada ya que si el curso resulta exitoso no sabremos si se debe a las virtudes del curso o a la de los estudiantes. En ciencias sociales existe un equivalente al efecto placebo: ¿no podría pasar que los alumnos realizaban un esfuerzo por el solo hecho de asistir a un curso?, deberíamos lograr que los que no recibieron el curso en cuestión, realicen igualmente algún esfuerzo para ver si el resultado tiene que ver con el compromiso o con los contenidos del curso. Por lo tanto, debemos elegir dos grupos y decirles que tomaran parte en una investigación. No les diremos cuales de los dos grupos obtendrán la estrategia didáctica X y ambos estarán igual de entusiasmados. Los grupos son: el experimental (estrategia X) y el de control (no se lo trata con las estrategias X). A esto se lo llama 'ciego'. Si al final del curso el grupo experimental obtiene mejores puntajes que el grupo de control, indicaría que el curso es recomendable. Queda una dificultad más: debemos tener cuidado que los docentes tampoco sepan si están a cargo del grupo experimental o del de control. De este modo pondrán el mismo tipo de atención y esmero. A esto se lo llama doble ciego.

## CAPITULO 13: 'Inductivismo y falsacionismo en el contexto de justificación'

Los inductivistas sostuvieron que las leyes se obtenían por inducción a partir de una colección de datos mientras que los del método hipotético-deductivo hacían notar que toda observación tiene carga teoría y que las leyes se obtienen por conjetura (salto creativo). En lo que respecta a la prueba de leyes ambos coincidían en que se debía extraer las consecuencias observacionales de las leyes y compararlas con los datos obtenidos en la experimentación. Los inductivistas plantearon que la reiteración de las corroboraciones aumenta el grado de confirmación de la teoría, también adherían los del método hipotético-deductivo. Seguían siendo anti-inductivistas en el contexto de descubrimiento pero era inductivistas en el contexto de justificación. Sin embargo, se enfrento una nueva corriente, el falsacionismo.

### **Inductivismo**

Para esta corriente el conocimiento científico esta expresado en forma de leyes (o hipótesis). Una teoría no es más que un conjunto de leyes. Para analizar la validez de estas teorías es necesario recurrir a la observación y a la experimentación. Hay que contrastarla con los hechos. De esta forma lo que se obtiene, si el resultado es positivo, es un conjunto de confirmaciones de la teoría. El inductivista razonara diciendo: dado que haya ahora cada una de las consecuencias observacionales fue verificada entonces puedo suponer con un grado bastante alto de probabilidad que la teoría será confirmada siempre.

El razonamiento sería:

Confirmo la teoría por 1º vez.

Confirmo la teoría por 2º vez.

Confirmo la teoría por 3º vez.

Es cada vez más probable que siempre confirme la teoría.

Utilizan un razonamiento de tipo inductivo para decidir que una teoría aumenta su probabilidad de ser verdadera. Plantean que la tarea del científico consiste en elaborar teorías sobre la base de la observación y la experimentación, y buscar su confirmación. El inductivismo coloca la raíz del conocimiento científico en la observación. La observación pura es la que permite validar las leyes. Sostienen que la ciencia progresa permanentemente con la intención de compatibilizar mejor la teoría con la observación.

### **Falsacionismo: la radicalización del método hipotético-deductivo**

Cuando se efectúa una corroboración, se utiliza un pseudo razonamiento (F.A.C.)

$$\begin{array}{l}
 P \rightarrow Q \\
 Q \\
 \hline
 P
 \end{array}$$

Como no garantiza la verdad de la conclusión, no sirve para afirmar nada con certeza. Cuando se refuta una hipótesis se utiliza un razonamiento válido, el Modus Tollens:

$$\begin{array}{l}
 P \rightarrow Q \\
 \sim Q \\
 \hline
 \sim P
 \end{array}$$

Que nos permite afirmar que nuestra hipótesis es falsa. Por lo tanto, una teoría no puede ser verificada pero si parecería que puede ser falsada, los falsacionistas proponen utilizar esta asimetría como base de su explicación. Intentaran falsar las teorías en vez de buscar la confirmación como sostendrían los inductivistas. Si una hipótesis no es falsada entonces se la mantiene provisoriamente. Los falsacionistas dirán que a medida que una teoría resiste más y más intentos de falsación, esta muestra su temple, y es más resistente. La otra tarea que realiza el científico según ellos, si bien sostienen que la validación del conocimiento la da la observación, saben que esta esconde siempre alguna carga teórica, lo que la torna falible. Consideran como punto de partida del conocimiento a las hipótesis que luego buscan justificar mediante la observación. Para esta corriente la ciencia progresa por descarte: a todas las teorías de que se dispone, las somete a prueba, elimina las que son falsadas y mantiene las restantes. No se llega a una teoría probablemente verdadera sino que en cada momento hay una teoría que, sobreviviendo a sucesivos intentos de falsación, resulta dar la mejor disponible para explicar un determinado conjunto de fenómenos y la más cercana a la verdad. Supongamos que dos hipótesis que intentan explicar el mismo conjunto de fenómenos han resistido, para los falsacionistas ante esta situación debemos inclinarnos por la más falsable. Una teoría es más falsable que otra cuando es mayor el número de posibles intentos de falsación a que puede someterse.

Por ejemplo: 1. Dos cuerpos cualesquiera se atraen con una fuerza directamente proporcional a las masas de ambos cuerpos e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia que los separa.

2. Dos cuerpos cualesquiera se atraen.

Cualquier caso que permita falsar la hipótesis 2, permite falsar la hipótesis 1, pero hay casos que permite falsar la hipótesis 1 pero no la 2. Por lo tanto la primera es más falsable. Podemos relacionar al falsabilidad con la mayor o menor profundidad de las informaciones brindadas por las hipótesis. Entonces, una hipótesis es más falsable que otra cuando es mayor el número de posibles intentos de falsación.

- *Reflexiones críticas sobre el falsacionismo y el inductivismo*

Para el inductivismo una de las bases es la observación, pero toda observación está acompañada de carga teoría y esto torna falible la observación. Ni los enunciados observacionales ya no son seguros. El falsacionismo por lo que plantea, se filtran necesariamente una o más hipótesis auxiliares, se puede falsar la conjunción de hipótesis pero llegado a este punto no se puede decidir cuál es falsa y cual no del conjunto. El falsacionismo que admite la tesis acerca de la carga teórica de las observaciones ve caer la posibilidad de falsar teorías de manera definitiva. En la teoría de Copérnico, debería observarse el fenómeno de paralaje, no aparecía. En la época de Copérnico, el Angulo de paralaje, era muy pequeño y esto parecía como una refutación de la teoría. Pero en la teoría de Ptolomeo, no sucedía el mismo problema, pero sin embargo fue rechazada aunque de acuerdo con lo sostenido por los inductivistas, la teoría mejor confirmada habría sido la ptolemaica. Como explican los falsacionistas que una teoría aparentemente falsada, como la de Copérnico, no fuera dejada de lado. Podríamos también preguntarnos cómo es que tardo 300 años en ser desechada la teoría de generación espontanea pese a haber sido falsada.

## CAPITULO 14: 'Los programas de investigación científica de Lakatos'

### El falsacionismo metodológico

Esta visión sobre cómo se desarrolla la ciencia corresponde a Imre Lakatos, 1960 y se conoce como 'metodología de los programas de investigación científica'.

Ptolomeo sostenía que los astros giraban alrededor de la Tierra, en orbitas circulares, pero las predicciones no coincidían con lo observado.

Para evitarlo, Ptolomeo sostuvo que montado sobre su órbita principal el planeta describía una órbita circular más pequeña llamada epiciclo, las nuevas predicciones coincidieron mejor. Catorce siglos después, surge la teoría heliocéntrica de Copérnico, sostenía que el Sol era el centro de las orbitas de los planetas. Pero sus predicciones tampoco coincidían, hasta la llegada de Kepler. Sostuvo que los planetas describían orbitas elípticas en vez de circulares, por lo tanto las predicciones coincidieron con lo observado. Para el problema de medición del ángulo de paralaje, se planteo que en esa época no se era capaz de medirlo, años después se pudo. Podemos notar que en ambas teorías se presentaban contradicciones: falsaciones (según los falsacionistas) o refutaciones. Pero en ninguno de los casos se desecho las teorías ante estas refutaciones, por el contrario, se modificaron elementos de la teoría para disolver la contradicción. Ptolomeo agrego epiciclos y Kepler cambio la forma de las orbitas. Entonces, se puede argumentar que la teoría cambia cuando se cambia alguna parte de ésta.

La diferencia entre la teoría cosmológica de Kepler y Copérnico parece ser menos importante que la que existe entre Copérnico (o Kepler) y la de Ptolomeo. Podríamos hablar de una evolución de la cosmología heliocéntrica desde la teoría de Copérnico a la de Kepler, pero no de Ptolomeo a Copérnico. También hablamos de evolución cuando se pasa de la teoría de Ptolomeo sin epiciclo a la de Ptolomeo con epiciclos. Podemos pensar también que un geocentrista puede estar dispuesto a cambian cosas sobre su teoría pero no lo estará sobre cuál es el centro alrededor del que giran los cuerpos celestes. Lo mismo ocurre con los heliocentristas. La sucesión de teorías constituye un 'programa de investigación' y el elemento intocable que comparten es el 'núcleo central' o 'núcleo duro'.

PROGRAMA DE INVESTIGACION	NUCLEO CENTRAL
Geocéntrico Heliocéntrico	La Tierra es el centro orbital El Sol es el centro orbital

Otro ejemplo, es el del programa de investigación espontaneista, su núcleo central es que el surgimiento de un nuevo individuo se puede producir por generación espontanea. Enfrentado a este, el programa de investigación 'biogenetismo' (anti espontaneistas) que incluye en su núcleo duro que todo nuevo individuo proviene de al menos un individuo vivo anterior.

Volviendo al programa ptolemaico, cuando se contrasto la predicción de la teoría para el caso de Marte, se obtuvo una refutación de la teoría. Esto es una falsación del conjunto de hipótesis, es problema es saber cuál de los enunciados que componen la conclusión es falso. Como no se está dispuesto a modificar el núcleo central geocéntrico, entonces se descarta. Se debe descartar hasta encontrar la posibilidad de atribuir la falsedad a un enunciado, en este caso 'todos los planetas recorren orbitas circulares' y por eso se decidió agregar un epiciclo a la órbita de Marte. Lo mismo ocurrió con el programa copernicano por lo que Kepler modifico la forma de las orbitas planetarias para resolver el problema. Como un partidario del programa no está dispuesto a tocar su núcleo central, entonces se decide modificar algo del resto para que el programa siga funcionando. Siempre que un científico este frente a una falsación de la teoría buscara modificar algo que no sea parte del núcleo central del programa para que este prediga lo que se observa y desaparezca la falsación. Lakatos llama al conjunto de enunciados que si se pueden modificar como 'cinturón protector del programa'. También llamo al proceso seguido por el científico cuando se presenta una falsación al programa 'heurística negativa del programa'. Esta, guía al científico para que modifique algún enunciado de la teoría con el fin de que desaparezca la falsación. El caso de las orbitas planetarias es un ejemplo de la heurística negativa del programa copernicano, donde Kepler modifica el cinturón protector desechando el enunciado sobre la forma circular de las orbitas reemplazándolas por la forma elíptica sin eliminas la tesis de que el Sol es el centro orbital. Otro ejemplo es el del problema del ángulo de paralaje en la época de Copérnico. Kepler con su ley, salvo el programa copernicano de una falsación, posteriormente a esa ley, Kepler desarrollo dos más sobre el movimiento de los planetas. De esta manera, amplio el programa agregando una hipótesis en el cinturón protector, sin previa falsación. Cuando ocurre esto, que los científicos agregan hipótesis para explicar con más profundidad sin que haya una refutación previamente, el programa evoluciona, y se le llama según Lakatos, 'heurística positiva' que es un conjunto de indicaciones sobre cómo desarrollar el cinturón protector para que el programa evoluciones.

Hemos revisado dos programas: el ptolemaico y el copernicano. Estos dos programas rivalizaron, pero en un momento ya el programa geocéntrico fue dejado de lado y prevaleció el heliocéntrico.

Otro caso para analizar es las observaciones realizadas de la órbita del planeta Urano que no coincidían con lo que predecía la teoría de Newton. Parecía construir una falsación para el programa, Leverrier y Adams formularon una hipótesis ad hoc para salvarlo. Esta hipótesis proponía que debido a la existencia

de un octavo planeta, Urano recorría una órbita diferente de la anteriormente predicha. Años más tarde se observaron problemas similares para la órbita de Neptuno y se propuso una solución similar.

Ante el rotundo éxito que parecían presentar estas dos hipótesis corroboradas se sugirió algo similar ante los problemas que sucedían en la órbita de Mercurio, se postulo un decimo planeta, pero nunca fue localizado y el programa nunca pudo dar cuenta de la falsación que le significaba las anomalías en las orbitas de Mercurio. Podríamos decir que no resulto fructífero, cuando esto ocurre Lakatos plantea que el programa de ha tornado degenerativo, por el contrario, si el programa permite descubrir nuevos fenómenos a medida que se agregan hipótesis, entonces el programa es generativo.

¿Cuándo un programa es dejado de lado? Podríamos decir que el programa geocéntrico se había tornado degenerativo y fue reemplazado por el heliocéntrico que aparecía como progresivo. Entonces, un programa de investigación es dejado de lado cuando se torna degenerativo y además aparece un programa progresivo que pueda reemplazarlo.

## CAPITULO 15: 'El desarrollo de la ciencia según Kuhn'

### **Introducción: algo más que hipotético-deductivo**

Se pueden distinguir tres niveles de preguntas sobre una hipótesis: 1. ¿Es verdadera o falsa?; 2. ¿Se ha corroborado o se ha refutado?; 3. ¿Es sostenida o rechazada por los científicos? Podemos ver que hay ciertas implicancias lógicas y otras que no son del tipo lógico, por ejemplo: Si H es verdadera -> H será corroborada. Esta es una implicación, otro tipo de razonamiento es el que nos guía para sostener hipótesis que nos parecen verdaderas y rechazar las que nos parecen falsas, sería: Si H fue refutada -> ¿rechazaremos H? Si H fue corroborada -> ¿aceptaremos H?

### **La descripción kuhniana**

En 1960, Kuhn observó que había periodos en el desarrollo de la ciencia, y que había otros periodos en los que teorías eran objeto de gran análisis y revisión.

- *Ciencia normal: un montón de enigmas y algunas anomalías*

Para distinguir estas etapas, Kuhn llamo periodos de 'ciencia normal' a aquellos en los que se aceptaba como valida una teoría y durante el cual el científico trabajaba de acuerdo a esta teoría. Durante estos, los científicos se dedicaban a resolver problemas experimentales, obtener predicciones, explicar partes de la naturaleza y desarrollar métodos de trabajo experimental. A los problemas que los científicos tratan de resolver, Kuhn los llamo 'enigmas'. Sostiene que los científicos confían en que estos enigmas se puedan resolver con la teoría vigente. No llamaríamos enigma a los problemas que los científicos piensan que no tienen solución. Ocurre que algunos enigmas se muestra difíciles de resolver, en este caso no diremos que el problema es un enigma, sino una 'anomalía'. Es decir, una anomalía es un problema que los científicos han tratado de resolver y que no han podido. Se podrá sostener que más adelante se resolverá. Pero es cierto que la comunidad científica comienza a desconfiar de que se pueda resolver. Los periodos de ciencia normal se pueden asociar con la resolución de enigmas.

- *Crisis: un montón de anomalías*

El periodo de ciencia normal se caracteriza por que los científicos no ponían a prueba la teoría sino que la daban por válida para utilizarla en la resolución de enigmas. Cuando se acumula una cierta cantidad de enigmas, se crea una etapa que Kuhn llamo 'crisis'. Cuando la teoría no puede dar cuenta de varios problemas, es decir que ha acumulado anomalías y los científicos se vuelven críticos para con la teoría, decimos que esa disciplina científica ha entrado en crisis. En este momento comienza un proceso que Kuhn llama 'revolución científica'. Los científicos objetan la teoría, métodos y demás suposiciones para encontrar un nuevo marco de explicación que resuelva las anomalías. Cuando los científicos ponen en duda lo establecido hasta el momento, cuando se plantea la posibilidad de revisión de los fundamentos hasta el momento aceptados, la crisis ha comenzado.

- *Las revoluciones científicas*

En esta etapa se pone a prueba la teoría que antes servía de base para el trabajo científico y por esta razón Kuhn llama a esta práctica 'ciencia extraordinaria'. También los científicos comienzan a preguntarse si eran adecuados los métodos experimentales que habían estado utilizando.

La etapa de crisis da lugar a una revolución científica en donde se revisan todos los supuestos que se tenían en la etapa de ciencia normal anterior. Se pone en evidencia que en el periodo de ciencia normal había mucho más que el solo hecho de dar por verdadera una teoría. Existía una idea acerca de cómo se deben llevar a cabo los experimentos, que tipos de soluciones se podrán plantear, que tipo de problemas se pueden resolver. Existía una visión partícula de cómo es el mundo, una cosmovisión que era compartida por todos los científicos de ese periodo de ciencia normal. Kuhn describe esto diciendo que existe un paradigma que contiene toda esa cosmovisión. Los científicos de cierto periodo de ciencia normal comparten un paradigma. Todos aceptan ciertas reglas para hacer ciencia. Algunas de estas se refieren a la teoría central del paradigma. En la etapa de revolución científica se cuestiona el paradigma sostenido hasta ese momento. Podemos decir que el paradigma entro en crisis, y también podríamos decir que los científicos, durante la revolución científica, abandonan el paradigma antiguo para reemplazarlo por uno nuevo. Por ejemplo, hubo una revolución científica en la que se abandono el paradigma geocéntrico para pasar al paradigma heliocéntrico sostenido por Copérnico. También hallamos una revolución científica en la que se identifica el paso de la mecánica clásica a la cuántica.

Durante la revolución científica aparecerán candidatos a nuevo paradigma. Cuando la comunidad de científicos se inclina a favor de un nuevo paradigma, la revolución científica ha terminado y comienza un nuevo periodo de ciencia normal. Este periodo se extenderá hasta que una crisis afecte el paradigma. De este modo habrá un esquema que se repite en el progreso de la ciencia. Las revoluciones científicas pueden extenderse durante mucho tiempo. Debido a que los científicos no se ponen de acuerdo respecto a cuál de los candidatos a paradigma es el correcto porque no hay una descripción completa del mundo que pueda reemplazar al paradigma anterior. Kuhn señala que la revolución copernicana consistió en abandonar el paradigma geocéntrico y llegar a un paradigma que recién se establece con Newton.

- *Algunos detalles de la ciencia normal*

Características de la ciencia normal:

A- *Hipótesis básicas:*

Podemos decir que los investigadores comparten entre si un conjunto de hipótesis básicas durante el periodo de ciencia normal. Un cambio de ciencia normal no altera este conjunto. Estas hipótesis son de un nivel tal que no solo abarcan hipótesis de contenido científico, sino que incluyen conceptos sociales, éticos, etc. un cambio revolucionario alteraría ese grupo de algún modo. En este grupo de hipótesis se pueden distinguir hipótesis inherentes a la práctica científica y otras exteriores a ella.

B- *Pautas compartidas:*

Los científicos comparten varias pautas, en toda practica de ciencia normal. Eventualmente si su trabajo es útil, producirá un cambio en ciencia normal. Con estos cambios, la ciencia se desarrolla extendiendo su poder explicativo.

B1- *Tipo de adquisición del conocimiento:*

De las pautas compartidas podemos señalar el modo en que creen los investigadores que se adquiere el conocimiento. Ej.: durante el periodo de ciencia normal de Aristóteles, el conocimiento se adquiría por la observación pasiva, en el de Newton en cambio, por la experimentación.

B2- *Tipo de condiciones experimentales:*

Otras pautas compartidas son las que se refieren a las condiciones experimentales aceptables. Por ej.: durante el periodo de ciencia normal de Newton, compartían la creencia de que se podía reducir en principio la perturbación del observador sobre el sujeto de observación. A partir de la revolución de la mecánica clásica a la mecánica cuántica, se cambio esta creencia.

B3- *Tipo de problemas posibles o significativos:*

Dentro de un periodo de ciencia normal hay pautas que regulan la formulación de problemas. Algunos problemas no tienen significado dentro de cierto paradigma. Se pueden encontrar siempre problemas que no tengan sentido. Ejemplo: en el período de ciencia normal de la mecánica clásica no tenía significado analizar si el tiempo de vida de una partícula dependía del laboratorio. En ese periodo un concepto básico era 'el tiempo es absoluto'. Kuhn dice que un paradigma puede incluso aislar a la comunidad de problemas importantes desde el punto de vista social, pero que al no reducirse a la forma de enigma no son estudiados por los científicos.

B4- *Lenguaje:*

Otro tipo de pauta es el lenguaje de cada periodo de ciencia normal. Por ejemplo, el paradigma de la mecánica clásica permite frases como 'el electrón esta en un estado E cuya energía vale 30 eV'. Un físico clásico replicaría 'pero, ¿en cuál estado se encuentra, en B1 o en B2? Esto no tiene sentido en la mecánica cuántica, como el estado B no lo tiene en la mecánica clásica.

#### B5- Tipo de soluciones (reglas):

También existen pautas para el tipo de solución aceptable. Kuhn se refiere a este punto que la solución a un rompecabezas cumple con algunas reglas. Un ejemplo es el que se refiere a la solución de qué tipo de orbitas siguen los planetas. Anteriormente a los trabajos de Kepler, las orbitas deberían resultar de movimientos circulares. Kepler encontró que los datos indicaban una trayectoria elíptica y propuso la existencia de fuerzas ejercidas por el Sol sobre los planetas. Aun más, tuvo que proponer un tipo de contacto entre el Sol y los planetas. De este modo propuso una solución que cumplía con las dos reglas relevantes a ese problema.

#### C- Cosmovisión común:

Podemos decir que todos los cambios en ciencia normal se operan sin cambiar la cosmovisión que se tenían hasta el momento. Una cosmovisión además de contener las pautas mencionadas, contiene hipótesis básicas ajenas a la práctica de la ciencia, de tipo social, cultural, ético y metafísico. Por ejemplo, el cambio del geocentrismo al heliocentrismo: ataca a la imagen del hombre como centro de referencia y a las religiones que lo sostienen. Una característica importante de la cosmovisión es que se aprende desde dentro de ella. Las cosmovisiones no son eternamente comparables y Kuhn aborda el tema de la traducción de una cosmovisión a otra, mencionando su necesidad y sus límites.

#### D- La teoría central ¿cómo surgen los enigmas?

En un periodo de ciencia normal existe una teoría central respecto de la cual ese periodo se llama de ciencia normal. Existen muchas teorías que proveen enigmas a resolver en ese mismo periodo, pero no las llamaremos centrales, respecto de ese periodo, si han sobrevivido sin cambios fundamentales a la última revolución científica, o bien sobrevivirán a la siguiente. Por ejemplo: la termodinámica clásica respecto de la revolución científica que ocurre con el paso de la mecánica newtoniana a la relativista.

#### D1- Postulados básicos de la teoría central:

Esa teoría central podrá tener una estructura de modo que de algunos principios (internos y puente) se deduzca una serie de consecuencias. Si se combinan estos principios con todas las distintas hipótesis auxiliares que sea posible, se generara un número grande de consecuencias cada una de las cuales constituye un enigma.

#### D2- Combinación con hipótesis auxiliares. No hay novedades inesperadas:

Se obtienen problemas con significado y este viene dado tanto por la teoría como por las hipótesis básicas que no figuran en la teoría pero que se dan por verdaderas en ese período de ciencia normal. Como estos enigmas se obtienen de una deducción, lo que expresan ya estaba contenido en las premisas. Algo que se deduce de las premisas de alguna manera tiene esta propiedad de no ser una novedad para los científicos porque no habían sido enunciado explícitamente. El hecho de hacer explícito algo contenido en las premisas constituye una adquisición de conocimiento solo por la característica de poder tomar conciencia de él, y este es el trabajo típico de ciencia normal. De un cambio revolucionario puede ocurrir que se deriven problemas que antes no tenían significado y que no se hubieran obtenido de ninguna combinación de las premisas anteriores.

#### D3- Articulación con las demás teorías:

Otra manera de obtener enigmas en el periodo de ciencia normal es a partir de la articulación de la teoría central con las demás teorías. La base generadora de enigmas estará compuesta por las hipótesis fundamentales de ambas teorías, más algunas auxiliares. A medida que se logra esta articulación, la teoría central gana espacio de aplicación, consenso y credibilidad. Esta articulación puede fallar y generar anomalías. O sea, puede ser una vertiente tanto para fortalecer al paradigma como coadyuvar a su crisis.

- *Preciencia: en busca del primer paradigma*

Kuhn señala que una disciplina científica comienza con un periodo de preciencia en donde los científicos no se han puesto de acuerdo todavía en el cual es la teoría 'verdadera'. Todavía se sostienen teorías competitivas para explicar los mismos hechos de la naturaleza. Tampoco se comparten reglas. Quizás no compartan una cosmovisión por algún otro motivo más profundo. En esta etapa, se pueden encontrar distintas escuelas con distintas formas de atacar los problemas. Toda ciencia comienza con una etapa de preciencia y paulatinamente al ponerse de acuerdo los científicos y apoyar a un único paradigma, se convierte en ciencia madura. Por ejemplo, las teorías sobre la generación de la vida indicarían una etapa de preciencia de la biología debido a la falta de un único paradigma. La discusión referida a las especies desde el creacionismo y luego catastrofismo hasta el darwinismo, es un periodo de preciencia. La biología adquiere su primer paradigma con la teoría sintética. Una vez que una ciencia madura, la ciencia progresa

al completar el conocimiento que se puede adquirir de acuerdo a un paradigma en un periodo de ciencia normal, y progresa mediante saltos que se llevan a cabo por medio de las revoluciones científicas.

- *La inconmensurabilidad de los paradigmas*

Kuhn sostiene que los científicos deben tratar de lograr una traducción lo más completa posible entre las teorías centrales de los distintos paradigmas pero esta traducción no será completa debido a que los científicos pueden utilizar las mismas palabras para querer decir otras cosas. Además existen en un paradigma términos que solo tienen sentido dentro de él. Esta cuestión del 'resto no traducible' que hay en el paso de un paradigma a otro plantea el problema de la inconmensurabilidad de los paradigmas. Kuhn sostiene que esta limitación en la comparación de los paradigmas no debe tomarse como una brecha en la que los científicos de un paradigma no entienden en absoluto al otro paradigma. Kuhn señala que los científicos deben tratar de comprender el otro paradigma. Se ha indicado que si no hay razonamiento válido que demuestre cuál de los paradigmas es el adecuado, entonces la elección será irracional. Kuhn por el contrario sostiene que la elección es racional.

## Resumen

La descripción de Kuhn es una visión en donde se focaliza el análisis en la dinámica de las teorías, es decir, como se desarrollan las ciencias a través del tiempo y que tipo de actividad realizan los científicos en distintas etapas. El desarrollo de la ciencia sería:

PRECIENCIA -> CIENCIA NORMAL -> CRISIS -> REVOLUCION CIENTIFICA -> NUEVA CIENCIA NORMAL -> NUEVA CRISIS...

El periodo de ciencia es el que puede caracterizarse por estar regido por las reglas, compromisos y teoría central de un paradigma dado. Los de crisis son aquellos en los que se deja de hacer ciencia normal para pasar a matizarla con ciencia extraordinaria crítica. El siguiente es el de la revolución científica, en donde la comunidad elige entre los candidatos a paradigmas para quedarse con el que será el siguiente paradigma y finalmente, entrar en un nuevo periodo de ciencia.

## CAPITULO 16: 'Ciencias formales y ciencias fácticas'

Las ciencias fácticas forman un conjunto numeroso de disciplinas dentro del cual podemos señalar dos grupos: las ciencias naturales (química, biología, meteorología, etc.) y las ciencias sociales (sociología, economía, psicología, lingüística, etc.). Entre las ciencias formales pueden citarse la lógica y la matemática. Un ejemplo para entender la diferencia: si ' $1+1=2$ ' es verdadero, no podría serlo ' $1+1=10$ '. Sin embargo, los dos enunciados son verdaderos en condiciones distintas. Si estamos en un sistema de numeración de base 10 (el usual) entonces ' $1+1=10$ ' es verdadero y el otro falso. Pero si trabajamos con un sistema de base dos (binario) ' $1+1=10$ ' es verdadero y el otro no. Es decir, puede ser verdadero o no los enunciados según el sistema que se usa, que es totalmente convencional.

En cambio, que un metal se dilate o se contraiga al calentarlo no es convencional sino algo que debe decidir la experiencia. Una primera diferencia entre los enunciados sería que los de matemática no hacen referencia a los hechos mientras que los de física sí. Ya que en los enunciados físicos podemos corroborar o refutar, no hablaremos de verdad en el mismo sentido para los enunciados matemáticos.

Si una disciplina científica contiene algún enunciado que hace referencia a los hechos del mundo, diremos que es una ciencia fáctica. Si ninguno de los enunciados tiene tal referencia, será una ciencia formal.

En los ejemplos dados la verdad o falsedad de la matemática dependía de la convención aceptada, en los de física se determina de acuerdo con lo que ocurra en los hechos entonces, si una disciplina científica solo contiene enunciados cuya verdad depende de alguna convención adoptada, diremos que es una ciencia formal. Si una disciplina contiene algún enunciado cuya verdad está dada por lo que ocurra en los hechos es una ciencia fáctica. Por el lado de las ciencias formales nos queda por establecer si todos los enunciados son convencionales o solo algunos lo son. Lo que es convencional es la elección del sistema de numeración. Una vez elegido el sistema la verdad del enunciado quedara establecida por deducirse de los enunciados aceptados en la convención.

## Sistemas axiomáticos

En las ciencias formales se trabaja con sistemas axiomáticos.



Estos están formados por un conjunto de enunciados que se toman como punto de partida (axiomas) y otros enunciados que se deducen de ellos (teoremas). Dar un sistema axiomático es dar:

a. un lenguaje

b. un conjunto de axiomas

c. un conjunto de reglas de transformación.

a. El lenguaje de un sistema axiomático lo constituyen los términos que se aceptan como primitivos (aquellos que no se definen); los términos que se definen a partir de los primitivos; y un conjunto de reglas, llamadas 'reglas de formación', que permiten obtener las 'formulas bien formuladas' (FBF) del sistema. Estas, pueden interpretarse como aquellos enunciados que tienen sentido dentro del lenguaje del sistema. Dentro del lenguaje del sistema hay términos primitivos y términos definidos. Por ejemplo, en geometría hay términos primitivos como 'punto', 'recta' y otros que se definen a partir de éstos.

b. Los axiomas son FBF del sistema que se eligen convencionalmente como punto de partida. Podemos asignarles el valor verdadero convencionalmente.

c. Las reglas de transformación están dadas por aquellos razonamientos que permiten inferir teoremas a partir de los axiomas. En la matemática, por ejemplo las reglas de transformación son los razonamientos deductivos validos.

Los sistemas están formados por un conjunto de enunciados cuya verdad está asociada con alguna convención. Los enunciados convencionales son los axiomas pero existe otro tipo de enunciados: los teoremas. Estos son enunciados cuya verdad se puede derivar a partir de la verdad de los axiomas mediante las reglas de transformación del sistema axiomático.

Ejemplo de sistema:

Axioma 1: dados dos  $p$  distintos, existe uno y solo un  $r$  incidente con ambos.

Axioma 2: dados dos  $r$  distintos, existe al menos un  $p$  incidente con ambos.

Estos enunciados son verdaderos porque así lo decidimos. Un teorema sería: Teorema 1: dado dos  $r$  distintos, no existe más que un  $p$  incidente con ambos. Para que sea un teorema debemos mostrar que si los axiomas son ciertos, no cabe otra posibilidad que la de que este ultimo enunciado también lo sea. El sistema axiomático descrito formaría parte de una ciencia formal.

- *Sistema axiomático interpretado*

Es habitual que a un sistema axiomático formal se lo interprete. Que se le dé un correlato fáctico a los primitivos que aparecen en los axiomas. Una vez interpretado, el valor de verdad de los enunciados lo da su relación con los hechos y por lo tanto, el sistema interpretado pertenece a una ciencia fáctica.

## Características de un sistema axiomático

- *Consistencia*

La condición fundamental que debe cumplir un sistema axiomático es la de consistencia. Un sistema formal es consistente (no contradictorio) si no puede demostrarse en él un teorema y su negación.

Ejemplo:

A1: Todos los  $r$  son  $p$

A2: Existen  $s$  que son  $r$

A3: Ningún  $s$  es  $p$

De los axiomas 1 y 2 se deduce T1: 'Existen  $s$  que son  $p$ '. Del axioma 3 se deduce T2: Ningún  $s$  es  $p$ . Pero T2 es la negación de T1. Este sistema no es consistente

- *Independencia*

Un axioma es independiente si no se puede deducirse de los demás axiomas del sistema. No es independiente si es un teorema, con lo cual no hay necesidad de colocarlo como axioma. Cuando algún axioma no es independiente decimos que el sistema no es independiente. Esta característica no es necesaria exigirla. Ejemplo:

A1: Todos los  $r$  son  $p$

A2: Existen  $s$  que son  $r$

Tenemos un sistema axiomático independiente. Pero si le agregamos 'A3: Existen  $s$  que son  $p$ ' tenemos un sistema que no es independiente, A3 se deduce de A1 y A2.

- *Completitud*

Se dice que un sistema es completo si cualquier enunciado que se considere, o bien su negación, puede demostrarse en el. Si un sistema además de consistente, es completo, entonces estamos seguros de que alguno, pero solo uno de los enunciados se puede deducir de los axiomas.

Ejemplo:

A1: Todos los r son p

A2: Existen s que son r

Encontramos FBF, que pueden ser: FBF1: Todos los s son r. FBF2: Existen s que son p. FBF3: Algún r es p, etc. Su negación también es una FBF.  $\sim$ FBF1,  $\sim$ FBF2,  $\sim$ FBF3. Si para cada uno de estos pares, es posible deducir uno de los dos enunciados, el sistema es completo. En nuestro ejemplo, ninguno de los enunciados del primer par se deduce de los axiomas. Con eso basta para asegurar que el sistema no es completo. Podríamos entonces decir que un sistema es completo cuando de todos los enunciados de su lenguaje puede decidirse si son verdaderos o falsos en el sistema. No será completo si se puede encontrar al menos un enunciado del lenguaje del que no se pueda afirmar nada dentro del sistema.

## CAPITULO 17: 'Lenguaje'

### Lenguaje y realidad

Si hay algo que distinga nuestras capacidades cognitivas de las del resto de seres vivos es la posibilidad que tenemos de simbolizar el mundo que nos rodea. Y esto es así porque nos representamos las cosas y sus propiedades gracias a que contamos con signos que las reemplazan. Hemos acumulado una buena cantidad de conocimiento sobre el mundo en virtud de que nuestro contacto con él está mediatizado a través del lenguaje que nos informa acerca de sus características.

Una antigua definición del signo decía que era algo que estaba en lugar de otra cosa. San Agustín decía que 'un signo es algo que hace que otra cosa acuda por sí sola al pensamiento'. Signo es todo aquello que tiene la capacidad de evocar las cosas que el mismo reemplaza. Peirce distinguió tres tipos de signos: el ícono, el indicio y el símbolo.

El ícono es un signo que guarda una relación de semejanza en algún aspecto de la cosa representada. Por ejemplo, una maqueta. Se da solo en relación a alguna propiedad de la cosa representada, no con la totalidad de ella. La maqueta no copia la resistencia de una casa por ejemplo. El estilo de representación de un ícono es pictórico en la medida que copia al objeto real.

El indicio es aquel que tiene una relación de conexión natural con el elemento representado. Por ejemplo, el humo es índice de fuego.

El símbolo tiene una conexión que se establece de manera convencional, hay una norma que determina que un signo refiere a la cosa representada. Por ejemplo las palabras o la clave de sol.

La conexión entre cosa y signo es una relación natural. Saussure subrayó el carácter arbitrario de la relación del signo con las cosas nombradas. Para él, el signo tiene una naturaleza dual: es la unión de un elemento material, con un componente inteligible. Al primer elemento se lo llama significante, y al segundo significado. El signo lingüístico es la combinación del concepto y de la imagen acústica.

El lazo que une el significante al significado es arbitrario. No existe lazo alguno entre ambos aspectos del signo. Para que la comunicación entre los miembros de una determinada comunidad parlante sea exitosa, resulta indispensable que compartan el mismo sistema de signos y que todos respeten las normas que rigen su uso. Puede cambiarse el uso de un signo siempre que se haga explícita la nueva regla no habrá ningún inconveniente en ellos.

### La comunicación humana o ¿qué hacemos cuando hablamos?

Al estudiar lenguaje, suele hacerse una distinción entre diversos niveles de análisis. El nivel sintáctico se ocupa de cuáles son las reglas de combinación de los elementos del sistema. La sintaxis es un estudio formal del sistema en el que solo importa la función que se desempeña ese elemento dentro de la estructura en la que se lo coloca. Este nivel de análisis adquiere mucha importancia en el caso de los lenguajes formales. Para que dentro de un sistema axiomático una expresión se considere una fórmula bien formada debe cumplir con ciertas reglas que señalan cuando esa expresión es correcta y cuando no. Por ejemplo, no se admitirá  $p \sim v q$ . Hay una regla que indica que la negación no se puede colocar en una conectiva lógica.

El nivel semántico se ocupa de cuál es la relación de ese signo con otra cosa. Esa otra cosa es lo que constituye el significado de un signo. El significado de un término puede ser considerado desde dos puntos de vista diferentes. Dar su significado por extensión, enumeramos e indicamos cuáles son las cosas denotadas a las que se le aplica el término, por ejemplo planeta = Mercurio, Marte, Júpiter, etc. o su significado por intensión, donde decimos cuáles son las características de un objeto que debe tener para

que se la apliquemos, es una definición de tipo conceptual, por ejemplo planeta = cuerpo opaco que gira alrededor a una estrella.

El nivel semántico, será aquel en el que se estudien las relaciones de los signos con su significado, sean estos últimos los objetos denotados o los conceptos asociados a dichos signos.

Debe quedar claro que en tanto hablamos de un sistema como formal lo único que importa de ese sistema es que las formulas o enunciados que lo compongan no violen las reglas sintácticas de los lenguajes lógicos. Será la interpretación la que suministre correlato lingüístico. Las ciencias formales se vinculan con las fácticas vía las distintas interpretaciones semánticas.

El tercer nivel de análisis del lenguaje es el pragmático en el que se examina el uso que hacen los hablantes de los signos. Son tres funciones que cumple el lenguaje: la primera es la de comunicar información, cuando afirmamos o negamos un enunciado que pretende describir algún estado de cosas, se llama función declarativa o referencial. Solo de los enunciados declarativos podemos decir que son verdaderos o falsos, según informen correctamente o no.

La segunda función es la de expresar nuestros estados de ánimo o emociones, llamada función expresiva. Al discurso expresivo no se le puede aplicar verdadero o falso.

Por último, el lenguaje cumple una función directiva cuando su fin es el de promover o impedir una determinada acción. Las ordenes, los pedidos o los ruegos son ejemplos. Tampoco este discurso es verdadero o falso.

### **Vaguedad y ambigüedad o ¿qué nos pasa cuando hablamos?**

- *Vaguedad*

Hay vaguedad cuando no existe un límite preciso para la aplicabilidad o no de un término. Una palabra es vaga cuando existen casos en los que no queda claro cuál es su referencia. Como frío-caliente, alto-bajo, rápido-lento. Lo que no está precisado en el significado de 'muchas' es a qué cantidad de cosas se le puede aplicar el término, por ejemplo.

Hay ocasiones en las que la vaguedad se nos presenta en virtud de que no existe un conjunto de características que sean necesarias y cuya presencia sea suficiente para determinar la aplicación de la palabra en cuestión. La vaguedad también se da cuando el término tiene un uso múltiple regido por la presencia de un conjunto de condiciones. No solo en el lenguaje ordinario se presentan estos problemas, también en el científico cuando se trata de términos clasificatorios. La vaguedad no solo afecta al lenguaje de nuestra vida ordinaria o a la del científico, también nuestras normas o preceptos éticos suelen ser vagos. La lógica también encuentra algunos problemas relacionados con la vaguedad de los términos.

- *Ambigüedad*

Desde un punto de vista semántico podemos decir que hay palabras que poseen varios significados o conceptos asociados. Por ejemplo la palabra juego, en cualquier diccionario se encuentran no menos de 10 significados. Esto no constituye en sí mismo una dificultad siempre que sepamos cuales pueden ser los variados significados, pero al ser usados un signo por los hablantes puede ocurrir que no quede claro en cuál de sus acepciones esta se siente empleado. Hay ambigüedad cuando en el contexto en el que es usada una palabra no se puede saber en cuál de sus sentidos debe entenderse. La ambigüedad no debe ser vista como una dificultad, es el doble sentido lo que nos permite tener un efecto humorístico. La vaguedad es un problema relativo a la extensión de un término mientras que la ambigüedad aparece relacionada a la connotación del término.

### **La definición: una solución con problemas**

Definir un signo no es más que indicar cuál es su significado por medio de otros signos. Definir es suministrar un conjunto de palabras equivalente a la palabra definida. Hacemos explícita la regla que gobierna el uso de un signo, indicado por medio de otros signos cuál es la norma. Hay dos casos posibles con respecto a esta puesta de manifiesto de la regla que se debe seguir en el uso de la palabra. El caso más habitual es aquel en el que al definir un término obtenemos información acerca de que es lo que los hablantes de ese lenguaje quieren decir, se llaman definiciones informativas o léxicas. Pero también puede ocurrir que al definir queramos establecer aquello que vamos a significar cuando usemos ese término, o sea indicar en qué sentido ha de entenderse tal termino cuando lo empleemos de ahora en adelante, se llaman estipulativas a esta clase de definiciones. Estas suelen aparecer con la finalidad de fijar un nuevo significado o para un término inventado por el científico.

Es por medio de las definiciones estipulativas como mejor podremos limitar inconvenientes de ambigüedad o vaguedad.

Si al definir pretendemos aclarar el significado de una palabra por medio de otras, puede ocurrir que estas necesiten a su vez ser definidas, esto es un problema llamado circularidad.

Al definir estaremos usando otros signos para explicar el significado de otro signo. Puede ocurrir que necesitemos definir esos otros signos, esto se conoce como regreso al infinito. Para evitarlo se puede señalar ese objeto que queremos definirle. Se llama definición ostensiva.

Otra posibilidad para evitarlo es la de decidir que algunos términos de nuestro vocabulario no serán definidos en virtud de que suponemos que se comprenden sin necesidad alguna. Serán términos primitivos, no definidos dentro de nuestro lenguaje.

## CAPITULO 19: 'El origen de las ciencias sociales'

### **El positivismo**

Para Comte la ciencia encargada de desarrollar el orden social será la sociología. En su obra principal anuncia la ley de los tres estadios en el desarrollo de la humanidad: el teológico, el metafísico y el científico. Cada etapa cuenta con una manera peculiar de explicar los fenómenos: por medio de agentes sobrenaturales, por fuerzas abstractas como la razón y el último mediante los hechos científicos.

Comte introduce el término sociología, disciplina a la que coloca en el punto más elevado de la jerarquía científica. El objetivo de esta es la percibir las sucesivas operaciones que deban liberar a la sociedad de su tendencia a la disolución anarquista y conducirla hacia una nueva organización. La sociología se dividía en un aspecto estático cuyo fin es el orden y un dinámico, el progreso.

El monismo metodológico: la idea de que el método científico es uno solo.

Su influencia se debió más al carácter programático de sus ideas, que se asentaba en tres principios:

El ideal matematizante: la formulación matemática del conocimiento es un patrón que mide el grado de desarrollo alcanzado por una ciencia.

La explicación mediante leyes: los hechos individuales son explicados cuando se descubren las leyes que determinan su comportamiento.

Durkheim fue otro representante de la corriente, el sostiene que los hechos sociales deben ser tratados como cosas. Reafirmando la necesidad de explicar el fenómeno social por medio de reglas objetivas. Estas se corporizan en la creencia religiosa, instituciones y la moralidad. En 1897 explica como varía la tasa anual de suicidios en las distintas sociedades y plantea que es el grado de cohesión social que tenga el grupo al cual pertenece el individuo el factor determinante del índice de suicidios manifestado en dicho grupo. Durkheim propone explicar un hecho social como el efecto de otro hecho social, tomando como causa el papel de las leyes causales en la explicación científica.

### **El historicismo**

A fines del siglo pasado surge una corriente que enfatizaba la diversidad de los fenómenos sociales e históricos con respecto al tipo de fenómenos de los que se ocupaba la ciencia natural. Windelband planteó que mientras que las ciencias de la naturaleza son ciencias nomotéticas (buscan establecer principios) las ciencias sociales, son ciencias ideográficas, tratan de comprender un hecho que es único e irrepetible.

La tarea del historiador es la de interpretar a través de las diferentes manifestaciones sociales y artísticas, la cosmovisión que cada época historia tiene. El propósito de las ciencias del espíritu (del hombre) es el de comprender las vivencias subjetivas interpretando las manifestaciones que las expresan.

Weber se inscribe dentro de la corriente historicista. Entiende a la sociología como una ciencia que intenta la comprensión interpretativa de la acción social para alcanzar de ese modo una explicación causal de su curso y efectos. Para él no son compatibles la explicación causal y la interpretación de la acción humana. Weber también encuentra la motivación que llevo al capitalismo. El plantea que una vez que hemos encontrado los motivos que dan sentido a la conducta humana dentro de la sociedad, también hemos encontrado una explicación causal de dicha conducta.

### **Otras voces, otros ámbitos**

La antropología, lingüística, psicología también dieron sus primeros pasos como campos de estudio. La antropología, es definida como ciencia que estudia la cultura y sistemas de creencias del hombre.

Saussure puede considerarse como el fundador de la lingüística. Planteaba que todas las lenguas humanas se regían por el principio de la arbitrariedad del signo y el principio de las diferencias.

La psicología se desarrollo por un lado con Wundt creando el primer laboratorio de psicología experimental, Watson que propone que la psicología deje de lado los términos mentales. La tarea del

psicólogo es la de establecer leyes que relacionen lo distintos estímulos que llegan a un organismo y las respuestas conductuales que esos organismos exhiben. Freud con un enfoque distinto funda el psicoanálisis que tratara de explicar la conducta humana como determinada por los conflictos entre ciertos deseos sexuales y los ideales de la persona que al oponerse a la realización de tales deseos, lleva a reprimirlos.

### **Cuestiones metodológicas**

La irrupción en el ámbito de la civilización occidental de este nuevo grupo de disciplinas, nos obliga a plantear preguntas acerca del quehacer científico. Si bien no cabe modificar nuestra más global idea de que la ciencia es una empresa cognitiva, si podemos preguntarnos si el medio para encontrar y poner a prueba ese conocimiento es común a todo lo que llamamos ciencia.

La oposición positivismo-historicismo nos revela que ya desde el surgimiento de las ciencias sociales el problema es una divisoria de aguas.

## **CAPITULO 20: 'Metodología de las ciencias sociales'**

### **La tradición naturalista**

Stuart Mill estaba convencido de que una ciencia del comportamiento podía construirse siguiendo el modelo de las ciencias naturales. No desconocía la dificultad de predecir acciones humanas pero la atribuía a la complejidad del objeto de estudio (el hombre) y no a diferencias metodológicas entre la investigación del comportamiento y el estudio de los fenómenos naturales.

Hempele coincide con esta posición, afirmando que la explicación y predicción en ciencias sociales tiene la misma estructura lógica que las ciencias naturales. El objetivo de la ciencia social es descubrir las leyes que relacionan comportamientos y a partir de ellas explicar la conducta y predecir con una aproximación razonable comportamientos futuros.

### **La tradición anti-naturalista**

Dilthey distinguió las ciencias naturales de las sociales, insistiendo que solo en las primeras el objetivo es explicar en tanto que en las segundas lo que se trata es de comprender.

Collingwood establece una fuerte oposición entre el pensamiento histórico y las ciencias naturales que se ocupan de los aspectos físicos del mundo. Los hechos históricos están relacionados con las acciones voluntarias de los hombres. Una descripción adecuada de una acción voluntaria requiere una referencia a las creencias y deseos del agente.

Comprender es ponerse en el lugar del otro, reproducir en nuestro interior las motivaciones y creencias de un sujeto o de un grupo social. Las creencias y deseos son razones que dan significado a las acciones pero no son causa en el mismo sentido en que hablamos de causas en el mundo natural.

Winch insiste en que el comportamiento humano más que un comportamiento causado por razones se entiende mejor como un comportamiento regido por reglas, como aquellas que regulan la forma aceptable de comer, saludar, etc. y se distinguen de las leyes naturales porque a diferencia de estas podemos desobedecerlas, modificarlas y rechazarlas.

Geertz insiste en que el objetivo de las ciencias sociales es interpretar el flujo del discurso social. Solo debemos tener en cuenta las intenciones del agente y las reglas que operan en esa cultura y el modo como se aplican dichas reglas.