

CAPÍTULO 1

La Ciencia

Contenidos

- 1.1. Inductivismo
- 1.2. Falsacionismo
- 1.3. Las teorías como estructuras
 - 1.3.1. Programas de investigación (racionalismo)
 - 1.3.2. Tradiciones de investigación
 - 1.3.3. Evolucionismo
 - 1.3.4. Paradigmas (relativismo)
- 1.4. Criterios finales

El ser humano, en su continuo contacto con la Naturaleza, no se ha limitado a la estricta contemplación de la misma, sino que ha tratado siempre de averiguar las leyes que la rigen, interpretando las relaciones que existen entre los diversos seres y objetos que la integran. El conjunto de conocimientos adquiridos y ordenados en forma sistemática es lo que ha dado origen a las Ciencias Factuales, dentro de las cuales se incluyen, entre otras, las Ciencias Experimentales.

Existe hoy día un aprecio mayoritario por la Ciencia, dándose la creencia de que hay algo exclusivo e, incluso mítico, en la misma. Por ello cuando se quiere dotar de fiabilidad a lo que se dice se emplean términos tales como que 'está basado en un estudio científico' o algo similar. Con estas expresiones se pretende dejar entrever que lo que se afirma está bien fundamentado y fuera de discusión. La realidad es que la Ciencia, como otros componentes dinámico-culturales de la sociedad, está sujeta a un cambio permanente tanto en sus teorías como en sus métodos, no siempre tan infalibles ni tan reproducibles como cabría suponer.

Aquellos que apoyan estos criterios populares sobre la Ciencia integran bajo su paraguas protector muchos otros campos de estudio, probablemente en un intento de hacer creer a los demás que la metodología que emplean está tan firmemente arraigada y es tan predictiva como la Física o la Química. Estos modernos campos de estudio, como por ejemplo la política, la sociología o la pedagogía pretenden, o han pretendido en algún momento, seguir el método científico, y sus defensores han dado por sentado que consisten en la recopilación de hechos mediante una observación y experimentación minuciosas para, posteriormente, generar leyes y teorías mediante algún procedimiento lógico.

Las modernas tendencias de la filosofía de la Ciencia han determinado de forma precisa las graves dificultades conceptuales creadas por la creencia generalizada de la bondad del método científico. Según Chalmers (1984): «No hay ningún método que permita probar que las teorías científicas son verdaderas ni siquiera probablemente verdaderas.» También: «...no hay tampoco ningún método que permita refutar de un modo concluyente las teorías científicas».

Parte de los argumentos esgrimidos para sostener esta línea de pensamiento se apoyan en consideraciones de tipo lógico, filosófico, histórico o bien en las modernas teorías científicas: *Falsacionismo* (Popper), *Programas de investigación* (Lakatos), *Tradiciones de investigación* (Laudan), *Evolucionismo* (Toulmin) o *Paradigmas científicos* (Kuhn)... lo cual se verá a continuación tomando como referencia la célebre obra de Chalmers (op. cit.) '¿Qué es esa cosa llamada ciencia?'.

1.1. | Inductivismo

El inductivismo es básicamente un intento de formalizar la concepción popular de la Ciencia. Según el inductivista la Ciencia comienza con la observación. Para ello, el observador científico debe poseer un mínimo de cualidades:

- Capacidad fisiológica normal respecto de sus sentidos para efectuar las observaciones.
- Mentalidad libre de prejuicios al observar.
- Registro fidedigno de la observación.

Los enunciados a los que se llega de esta manera se denominan *observacionales* (por ejemplo, cuando la temperatura del refrigerador llegó a 0 °C el agua de la botella empezó a convertirse en hielo), y son la base sobre la que se generan las leyes y teorías que componen el Conocimiento Científico.

Estos enunciados pueden ser singulares –el papel de tornasol se vuelve azul al ser sumergido en sosa cáustica– o bien generales –las bases vuelven azul el papel de tornasol–.

Los enunciados generales son afirmaciones acerca de las propiedades de la naturaleza, y, a diferencia de los singulares, se refieren a todos los posibles hechos de un tipo concreto en cualquier tiempo y lugar. Todas las leyes y teorías que componen el Conocimiento Científico son de este tipo y se les suele denominar Enunciados Universales.

El problema que siempre se plantea en cualquier metodología científica es cómo es posible a partir de una serie limitada de observacionales establecer un enunciado universal. La respuesta inductivista es que suponiendo que se den determinadas condiciones es lícito generalizar a partir de observacionales una ley universal. Estas condiciones mínimas para poder generalizar serían por ejemplo:

- El número de observacionales debe ser grande.
- Las observaciones deben repetirse en diferentes condiciones.
- Ningún observational debe contradecir la ley universal obtenida.

Este tipo de razonamiento que lleva del observational singular al enunciado universal se denomina *inductivo* y el proceso seguido *inducción*. A medida que aumenta la cantidad de hechos y los métodos de observación y experimentación se hacen más refinados se obtienen más leyes y teorías y de mayor alcance y generalidad. Así, el crecimiento de la Ciencia es siempre continuo y acumulativo.

Aunque la Enseñanza de las Ciencias ha formado parte de la tradición educativa a lo largo de la Historia, junto con la de otras disciplinas clásicas, la Didáctica de las Ciencias Experimentales no se ha ido configurando como cuerpo de conocimientos propio hasta mediados del siglo pasado.

Diversos autores (Gutiérrez, 1987; Aliberas, Gutiérrez e Izquierdo, 1989) coinciden en situar su origen como disciplina científica en los años cincuenta, asociada al desarrollo institucional que se dio en los países anglosajones a la investigación y experimentación en el campo de la enseñanza científica. Este desarrollo tuvo lugar en el marco de la llamada «guerra fría» entre Estados Unidos y la ex-Unión Soviética, buscando los primeros alcanzar la supremacía de la carrera espacial que en aquellos momentos ostentaban los soviéticos.

Durante las décadas de los sesenta y setenta se produjeron numerosas iniciativas para transformar la Enseñanza de las Ciencias, como por ejemplo la mejora de las clases prácticas, la utilización del entorno, el estímulo en la adquisición de destrezas científicas... y se presentaron numerosos proyectos educativos con diferentes resultados. Asimismo se fundaron las principales revistas especializadas, se crearon asociaciones de profesores e investigadores, y se comenzaron a celebrar numerosos congresos en este campo. Durante ese tiempo se fueron delimitando una serie de problemas específicos de la Didáctica de las Ciencias que en esos momentos iniciales utilizaban de forma poco crítica componentes diversos de la Ciencia, la Psicología o la Pedagogía, fundamentalmente.

A finales de los setenta, coincidiendo con las nuevas corrientes sociales que ponían en cuestión el desarrollismo económico vigente (ecologismo, pacifismo, ...), entra en crisis la idea de que la enseñanza es la única responsable del aprendizaje (modelo proceso-producto) y se comienzan a valorar los significados construidos por los estudiantes como variables mediadoras en el proceso de enseñanza-aprendizaje. Desde la nueva Filosofía de la Ciencia (Lakatos, Khun, Feyerabend...) se proponen nuevos planteamientos sobre la Ciencia, tal y como se ha podido ver en el capítulo anterior, que también comienzan a tener su reflejo en los enfoques didácticos que se aunaron posteriormente bajo la denominación de «Constructivismo».

Este proceso innovador llega a España a finales de los setenta. Se traducen algunos de los proyectos existentes (Nuffield, Manuales de la UNESCO...) aunque las publicaciones que se presentan en ese tiempo son de carácter inductivo y fragmentario.

La década de los ochenta ha visto el arranque de la Didáctica de las Ciencias en España: se produce una estructuración de la comunidad científica en torno al área de Didáctica de las Ciencias, se publican los primeros libros del área (Fernández Uriá, 1979 o Lillo y Redondet, 1985), se traducen libros claves como

por ejemplo *Teoría y práctica de la educación* (Novak, 1982), *La enseñanza de las ciencias* (Giordan, 1982) o *La ciencia de enseñar ciencias* (Shayer y Adey, 1984) y se crean a nivel universitario el área y los departamentos de Didáctica de las Ciencias Experimentales como consecuencia de la Ley de Reforma Universitaria (1983). En el mismo año aparece la primera revista específica en España: 'Enseñanza de las Ciencias'.

El centro de interés de la Didáctica de las Ciencias viene a recaer ahora en el aprendizaje de los alumnos, en detrimento de la enseñanza, esto es, surge la preocupación sobre cómo aprenden aquellos, qué estrategias de aprendizaje siguen, o la propia metacognición, es decir, el control que poseen sobre su propia comprensión (o la falta de regulación de la misma).

Como señala Gil (2000, p. 15) la Didáctica de las Ciencias venía a satisfacer las dos condiciones propias del desarrollo de un nuevo campo de conocimiento:

- *La existencia de una problemática relevante, susceptible de despertar el suficiente interés para justificar los esfuerzos que exija su tratamiento, y*
- *El carácter específico de dicha problemática que impida su tratamiento efectivo desde un cuerpo de conocimientos ya existente.*

Las décadas posteriores asistieron a un crecimiento exponencial de la producción investigadora en Didáctica de las Ciencias. Especialmente abundantes han sido los trabajos centrados en las ideas que manejan los alumnos para explicar los fenómenos científicos (por ejemplo: la luz, la composición de la materia, la contaminación,...).

Entre otras, las consideraciones que consolidan a la Didáctica de las Ciencias como disciplina son:

- El reconocimiento de que existen una serie de cuestiones problemáticas para poder enseñar ciencias, especialmente en los niveles educativos obligatorios. Al ser esta problemática común al profesorado origina una comunidad científica cada vez más independiente.
- La propia existencia de esta comunidad ha ido permitiendo que se alcance progresivamente el consenso necesario para la consolidación de la Didáctica de las Ciencias como una disciplina que ha evolucionado con respecto a sus inicios.
- Hoy tenemos un marco teórico y metodológico. Puede constatarse que los objetivos actuales son más amplios, el cuerpo teórico se afianza progresivamente y la metodología de investigación profesional se ha ido configurando.
- La producción científica ha ido ganando en cantidad y calidad, interrelacionando cada día más merced a la valiosa ayuda de las tecnologías de la información y la comunicación (bases de datos, revistas electrónicas, páginas web,...).

Todo el proceso inductivo, por sí solo, no contempla los aspectos explicativos y predictivos, es decir, aquellos que permiten explicar el funcionamiento del Universo y predecir su comportamiento a partir de las leyes y teorías conocidas.

Lógicamente, para que sea posible la predicción es necesario situarse en un punto de partida, así por ejemplo, si deseamos saber dónde estará mañana la Luna a las doce horas tendremos que conocer su posición exacta actual para poder efectuar los cálculos necesarios. Esta necesidad de conocer un aspecto concreto para poder efectuar la predicción es lo que se denomina *condiciones iniciales*. Todo el razonamiento explicativo y predictivo se denomina *deductivo* y el proceso *deducción* (Gráfico 1.1).

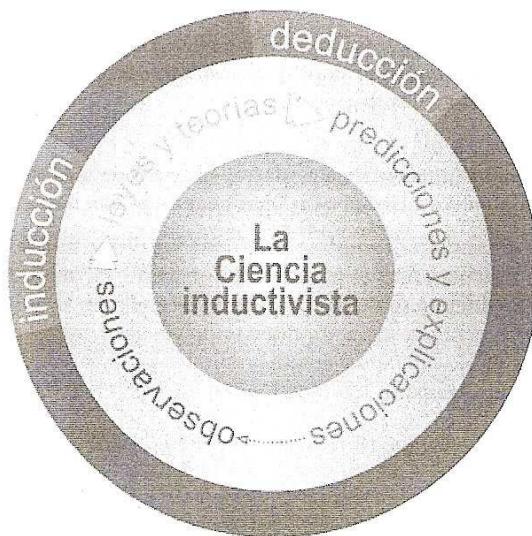


Gráfico 1.1. La Ciencia inductivista.

Problemática que plantea el inductivismo genérico:

El principio de inducción tal y como se ha visto se podría describir resumido en algo como lo siguiente: si en multitud de condiciones se observa un hecho determinado y para ese hecho se manifiesta siempre una misma propiedad, cada vez que se produzca de nuevo ese hecho se manifestará la misma propiedad.

Evidentemente, es necesario justificar el principio de inducción para que la Ciencia sea fiable e incluso objetiva. La justificación se puede intentar hacer por dos caminos: la Lógica o la Experiencia.

Las argumentaciones lógicas válidas se caracterizan por considerar que si las premisas son verdaderas, la conclusión también ha de serlo. Así por ejemplo:

1. Los objetos más pesados que el aire caen hacia el centro de la tierra.
2. Los objetos de hierro son más pesados que el aire.
3. La llave de hierro que yo tengo caerá hacia el centro de la tierra.

Este procedimiento es válido para los procesos deductivos, pero no necesariamente para los inductivos. Es posible que en un proceso inductivo las premisas sean verdaderas y la conclusión falsa sin que ello suponga contradicción.

Por ejemplo, cuando sale la Luna llena por el horizonte se suele ver grande y amarillenta y posteriormente, al alcanzar el cenit se nos aparece como más pequeña y blanca. ¿Quiere decir esta aparente reducción de tamaño que la Luna se ha alejado de la Tierra? Parece que de este hecho real podrían inducirse conclusiones erróneas.

Imaginemos cuál era el criterio respecto de los objetos más pesados (densos, en realidad) que el aire antes de la construcción del primer avión. La ley universal sería que cualquier objeto más pesado que el aire jamás podría volar (sin embargo los pájaros vuelan). Es evidente que podemos multiplicar los ejemplos a voluntad y por ello debemos concluir que apelando a la lógica no se puede justificar el principio de inducción.

Dado que el principio de inducción ha sido válido, en multitud de ocasiones se ha generalizado a sí mismo pretendiendo con ello mostrar su veracidad, lo cual es evidentemente inaceptable. Por otra parte, se dan vaguedades que tampoco son aceptables a nivel científico, tales como gran número de observaciones (cuántas) o bien diferente tipo de condiciones (cuáles).

Así, por ejemplo, para determinar el punto de ebullición del agua podríamos considerar como condiciones para efectuar las observacionales, entre otras, la latitud planetaria o la altura sobre el nivel del mar. Se sabe que en el primer caso no habría influencia y en el segundo sí. Esto presupone un conocimiento teórico previo ya que si no fuera así la lista de condiciones en cada caso sería inagotable y la Ciencia no hubiese avanzado. Esto implica que antes de la observación es necesario algún tipo de conocimiento teórico de la situación, lo cual no es asumible para el inductivista. Está comúnmente aceptado que existe una dependencia entre teoría y observación.

Por otra parte, desde el punto de vista de la probabilidad, al relacionar un gran número de observables (valor finito) con su generalización (valor infinito) la probabilidad resultante para la generalización es cero, lo cual añade más dificultades a que el principio de inducción sea aceptable como válido en términos de Ciencia. Todo esto ha llevado a considerar otras formas de inducción menos exigentes en las cuales las leyes y teorías son sólo probablemente

verdaderas. Los defensores de este nuevo empirismo se suelen denominar a sí mismos *empiristas lógicos* y sus detractores los suelen denominar *positivistas lógicos*.

1.2. | Falsacionismo

El falsacionismo admite la necesidad del conocimiento teórico como algo previo a la observación, es decir, ésta ha de ser guiada. Las leyes y teorías se crean como suposiciones especulativas que pretenden describir y explicar una parte del Universo mejor y más extensamente de lo que lo hacían las leyes y teorías anteriores. Por ello nunca se debate la veracidad de la ley o teoría sino su bondad de aplicación y explicación respecto a las anteriores.

Las teorías, una vez generadas, han de ser contrastadas continua y rigurosamente mediante la observación y experimentación. Así, aquellas que no superen las pruebas mencionadas han de ser rechazadas y reemplazadas por otras. De acuerdo con esto, para el falsacionista la Ciencia progresiona gracias al ensayo y error, especulaciones y refutaciones.

El falsacionista se apoya en gran medida en la posibilidad de demostrar la falsedad de enunciados universales a partir de observacionales (ejemplo: cuando se comprueba que la luz que pasa próxima al Sol sigue una trayectoria curvada se demuestra que la teoría de la transmisión en línea recta de la luz es falsa).

Como criterio de bondad de teorías se utiliza el término *falsabilidad*. Una teoría que forma parte de la Ciencia ha de ser *falsable*, y, en general, cuanto más *falsable* es una teoría más importante es y mayor es su ámbito de aplicación. Vamos a exponer el significado de estos términos por contraste entre las siguientes afirmaciones:

- Los ácidos puros corroen los metales.
- Los planetas se atraen entre sí.
- Los ángulos de un triángulo suman 180°.

La primera afirmación es falsable porque se puede falsar al demostrar que el oro no es atacado por ningún ácido (conocido) solo (sí por la denominada mezcla nítrica: una parte de ácido nítrico y tres de ácido clorhídrico).

La segunda afirmación es falsable porque podemos pensar lógicamente, por ejemplo, en la existencia de gravedad negativa o en cualquier otra situación similar que falsaría la afirmación aún cuando ello nunca ocurra. Es decir, una afirmación es falsable si existen uno o varios enunciados observacionales que sean *lógicamente posibles* pero incompatibles con la misma (si se demostrara la veracidad de alguno de los enunciados la afirmación quedaría falsada).

La tercera afirmación está implícita en la definición de un triángulo (plano) y por tanto no es falsable ya que si la suma de ángulos fuera distinta de 180° el objeto no sería un triángulo.

Así, los falsacionistas exigen que las leyes y teorías sean falsables en el sentido aquí expuesto, es decir, las teorías falsables describen el mundo en alguno de sus aspectos o propiedades mientras que las no falsables implican que lo que describen puede tener cualquier propiedad sin entrar en contradicción con la teoría propuesta. Las teorías falsables forman pues el cuerpo de la Ciencia.

Consideremos las siguientes afirmaciones:

1. La base hidróxido de sodio vuelve roja la fenolftaleína.
2. Las bases vuelven roja la fenolftaleína.

Desde el punto de vista científico la afirmación 2 es de mayor categoría que la 1 ya que es una afirmación de más amplio alcance. Por ello será más falsable que la 1 como veremos a continuación.

La fenolftaleína es un indicador ácido-base: incolora a pH inferior a 9 y de color rosa intenso característico a pH superior a 9 (evidentemente hay una cierta zona de transición de color al ir aumentando el pH: zona de viraje).

El hidróxido de sodio es lo que se denomina una base fuerte, en el sentido de que para disoluciones normales cualquier cantidad de base que se disuelva en agua estará totalmente disociada: $\text{NaOH} \xrightarrow{\text{agua}} \text{Na}^+ + \text{OH}^-$.

Cuando se prepara una disolución de hidróxido de sodio de concentración 10^{-5} molar ($0,4 \text{ mg/l}$) se producirán 10^{-5} moles de OH^- (totalmente disociada) y el pH resultante será:

$$\text{pOH} = -\log(10^{-5}) = 5 \quad \text{pH} = 14 - \text{pOH} = 9$$

es decir, se ha alcanzado el límite para que la fenolftaleína cambie de color. Para disoluciones que contengan menos de $0,4 \text{ mg/l}$ el pH será menor que 9 y por tanto no habrá coloración. La afirmación 1 será falsada.

La segunda afirmación es más falsable que la primera ya que todas las bases débiles y muy débiles (se disocian muy poco y por tanto cambian muy poco el pH del medio) no colorearán la fenolftaleína al no producir pH superiores a 9, además de la posibilidad ya mencionada de falsación por dilución. En este segundo caso existen muchas bases que *nunca* colorearán la fenolftaleína aunque se disuelvan cantidades elevadas. Como puede verse, una teoría es más falsable cuanto mayor parcela del Universo pretende explicar (más general).

Hay que exponer algo además sobre los conceptos de *claridad* y *precisión* con las que debe operar el científico: claridad, puesto que una teoría muy vaga no es falsable ya que no explicita nada, no es lo mismo decir que los planetas se mueven alrededor del Sol que los planetas giran en elipses concretas alrededor del Sol; la

segunda afirmación es falsable y la primera no. Respecto de la precisión, igualmente, es mucho más falsable decir que la velocidad de la luz es de 299.793 m/s que es de unos $3 \cdot 10^8$ m/s. La segunda afirmación se ha falsado continuamente y la primera lo será cada vez que aumente la precisión de medida.

Se puede concluir que para un falsacionista una teoría aceptable para la Ciencia sería aquella que haga afirmaciones de alcance muy amplio –y por tanto muy falsable– y resista la falsación cada vez que se ponga a prueba. *Las teorías que han sido falsadas deben ser rechazadas de forma terminante*. Así, la Ciencia consistiría en proponer hipótesis muy falsables seguidas de intentos continuos de falsarlas.

Según Popper (*Conjectures and Refutations*, 1969): «Por ello puedo admitir con satisfacción que los falsacionistas como yo preferimos con mucho un intento de resolver un problema interesante mediante una conjectura audaz, aunque pronto resulte ser falsa (y especialmente en ese caso), a cualquier recital de una serie de truismos improcedentes. Lo preferimos porque creemos que esa es la manera en que podemos aprender de nuestros errores; y que al descubrir que nuestra conjectura era falsa habremos aprendido mucho sobre la verdad y habremos llegado más cerca de la verdad».

El falsacionismo, pues, pretende resolver los problemas de la Ciencia mediante teorías falsables y su falsación posterior. Así, para un problema concreto (explicación de una parte del Universo) se propondrán teorías falsables: unas serán falsadas rápidamente y desaparecerán, otras resistirán más tiempo la falsación y cuando se falsen (con el problema original superado), aparecerán como consecuencia otros problemas más complejos y refinados que cerrarán el círculo (Gráfico 1.2).



Gráfico 1.2. El falsacionismo.

Existe un falsacionismo más sofisticado que considera la Ciencia como algo dinámico en la que frente a la falsación de una única teoría se prefiere la contraposición de teorías enfrentadas, es decir, se analizan las teorías que pretenden explicar algún fenómeno para identificar cuál de ellas es más falsable y asimismo cuál plantea nuevos elementos prediciendo nuevos fenómenos.

En cualquier caso se tiene la idea de que el falsacionismo pone el énfasis en la falsación cuando realmente lo importante son las confirmaciones de la teoría puesta a prueba, ya que esto es lo que hace progresar la Ciencia. Hay que considerar que cada nueva teoría debe aportar predicciones que hay que confirmar. De hecho, si se compara el falsacionismo con el inductivismo, es decir, especulaciones atrevidas e imaginativas (alto riesgo) frente a poca especulación o especulación moderada (poco riesgo) se pueden extraer las siguientes consecuencias:

- Ante la falsación, tanto en la especulación osada o la moderada, se aporta poco a la Ciencia; en el primer caso sería otra idea loca que no se confirmó, pero en el segundo es aún peor ya que se demostró la falsedad de lo que estaba aceptado como verdad sin más.
- Ante la confirmación, en la conjectura moderada, es algo poco informativo para la Ciencia, ya que se trata de comprobar de nuevo algo que se sabía, mientras que para la conjectura osada seguramente se traduzca en un avance significativo para el conocimiento global.

Hay que aclarar que el término osado o audaz se refiere a que su contenido se considere como poco probable de acuerdo con el conocimiento básico medio de la Ciencia para ese tiempo, es decir, una vez que la Ciencia incorpora la nueva teoría generalmente se pierde esa denominación. Igualmente, las predicciones importantes se refieren también a aspectos declarados como nuevos en el contexto científico-temporal. Así, por ejemplo, la Teoría de la Relatividad de Einstein predecía la trayectoria curva de la luz frente a campos fuertes gravitatorios, en contraposición total con las teorías anteriores, lo cual se confirmó midiendo el tiempo en que tenía que aparecer una estrella al pasar por detrás del Sol y siempre aparecía antes de lo previsto, lo cual implicaba que aún estaba detrás del Sol pero la trayectoria de su luz se había curvado (Gráfico 1.3).

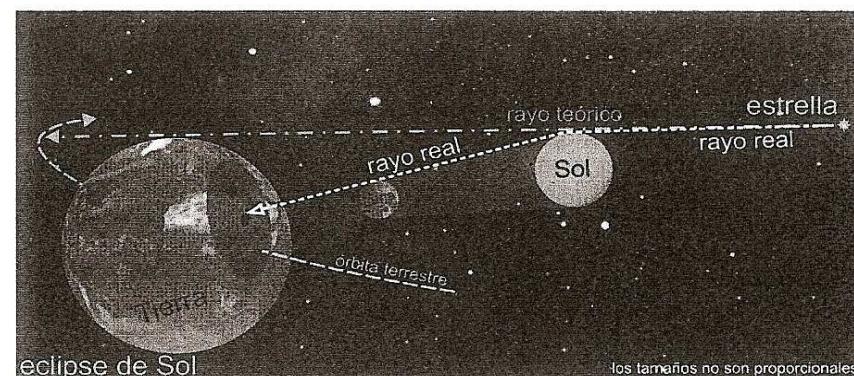


Gráfico 1.3. Desviación de la luz por la gravedad.

Problemática que plantea el falsacionismo

Para los falsacionistas las teorías siempre son provisionales. De hecho, frente a la provisionalidad de la teoría está la seguridad del rechazo por falsación (de ahí su nombre). Las teorías del falsacionista están contradichas por el hecho de que los enunciados observacionales dependen de la teoría y son falibles. Ello implica que puede ocurrir que en la falsación de una teoría sea el enunciado observational el que falle y no la teoría. Por ejemplo, es conocido que cuando al amanecer vemos el Sol justo sobre el horizonte, realmente aún está debajo, es decir, no ha salido (Gráfico 1.4).

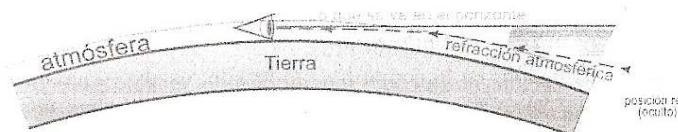


Gráfico 1.4. Espejismo al amanecer o atardecer.

Esto ocurre por fenómenos de refracción atmosféricos, siendo el cálculo real de la posición del Sol relativamente complejo¹.

Existen multitud de ejemplos de observables que, como mínimo, confunden sobremanera al observador. Por ello, las teorías no se pueden falsar de modo definitivo ya que los observables no se pueden considerar como verdades inamovibles (se conocen suficientes casos de observables falsados al mejorar las técnicas ópticas, de detección, efectos visuales...).

Es preciso considerar también la creciente complejidad de las teorías actuales. De hecho cada teoría se soporta en multitud de enunciados universales, con lo que cuando se produce una falsación es muy difícil detectar si el fallo está en el observable, en alguno de los componentes de la teoría, en las condiciones iniciales (falten datos) o... Habrá pues que implicar las teorías en los aparatos utilizados, en el marco experimental de trabajo... Es conocido el caso de la refutación de la teoría copernicana por Tycho Brahe; éste argumentaba que si la Tierra girase alrededor del Sol la dirección en la que se observa una estrella fija debería variar con el tiempo, por ejemplo cada seis meses sería el máximo paralaje (puntos más alejados de la Tierra en el espacio). Como sus medidas dieron idénticos resultados consideró que la teoría copernicana era falsa y la Tierra era el centro del Universo. Hoy se sabe que fue debido a la lejanía de las estrellas y a la imperfección de sus instrumentos.

¹ <http://www.srrb.noaa.gov/highlights/sunrise/sunrise.html>

Por último el argumento de la historia: la mayoría de las teorías de las cuales estamos orgullosos por los avances científicos que han generado no existirían hoy si se hubiese aplicado la metodología falsacionista taxativamente, ya que todas ellas fueron falsadas en uno u otro momento de su contexto histórico con argumentaciones aceptadas por el entorno científico de la época.

1.3. | Las teorías como estructuras

A la vista de la complejidad de las teorías actuales es cada vez más evidente la relación y dependencia que tienen los observacionales de aquéllas. No es posible pensar que posturas inductivistas o falsacionistas son capaces de generar teorías verdaderamente complejas, es decir, hay que empezar a considerar las teorías como la suma de tantos enunciados universales que necesariamente deben estar sistematizados y organizados; en definitiva, ha de existir una estructura que soporte toda la teoría.

Cuando se estudia la Ciencia a nivel histórico se puede observar que las grandes teorías que se han mantenido mucho tiempo poseían un alto grado de estructuración. Sin embargo, no basta únicamente el argumento histórico para poder hacer esta afirmación. Consideremos que si cualquier tipo de concepto debe estar enmarcado en alguna teoría, debe ser evidente que cuanto más precisa y general (más estructurada) sea una teoría así lo será en consonancia el concepto implicado. Si se compara por ejemplo el concepto de átomo (derivado de la mecánica cuántica) con el concepto de pedagogía (derivado de la teoría de la educación) se entiende fácilmente que el primero es mucho más preciso y aplicable que el segundo. Se deriva de esta idea pues la necesidad de teorías coherentemente estructuradas.

Si se analiza un concepto cualquiera, como el átomo, a nivel histórico se puede observar que su definición ha ido variando sustancialmente a través del tiempo en función del grado de precisión y estructuración de la teoría que lo ha venido sustentando. Esto ocurre con la mayoría de los conceptos. Por ello, para definir cualquier elemento que forme parte de la Ciencia es necesario el desarrollo de teorías que cumplan las condiciones mencionadas. También la Ciencia, como otros componentes dinámico-culturales de la sociedad, tiene necesidad de desarrollarse, es decir, las teorías no solamente deben ser estructuradas sino que deben aportar los suficientes elementos predictivos como para favorecer un proceso de investigación futuro que las haga abarcar un espacio mayor del Universo.

Tenemos filósofos de la Ciencia (Lakatos, Laudan, Toulmin, Khun...) que han dedicado un esfuerzo importante a desarrollar metodologías científicas que agrupen estos criterios. Dediquemos un breve apartado a los más notorios.

1.3.1. Programas de investigación (racionalismo)

Un *programa de investigación* para Lakatos es una estructura que sirve de dirección y guía a la investigación, tanto de forma positiva o como negativa: por un lado, la heurística negativa de un programa de investigación se traduce en la imposibilidad de alterar los supuestos básicos del programa, lo que se denomina el *núcleo central*, el cual está protegido de la falsación por un cinturón protector de hipótesis auxiliares, condiciones iniciales, etc. Por otro, la heurística positiva está compuesta por las líneas maestras que explicitan cómo se debe desarrollar el programa de investigación, las cuales deben completar el núcleo central en tal forma que se contrasten tanto los fenómenos conocidos como los nuevos predichos por el programa de investigación. El programa será progresivo o regresivo en función de los contrastes confirmados o no, es decir, si se cumplen las predicciones, si hay descubrimientos nuevos contrastados, etc. Por ejemplo, el núcleo central de la Física de Newton estaría compuesto por las leyes del movimiento y la de atracción gravitatoria.

Algo básico es la infalsabilidad del núcleo central dictada por *decisión metodológica de sus protagonistas*, según Lakatos. Si ocurriese que la experimentación contradijera algún aspecto del núcleo central esto debe atribuirse a fallos de la observación, del cinturón protector o a otras circunstancias, pero nunca a defectos del propio núcleo. Tanto es así que cualquier investigador que se aparte de los postulados que componen el núcleo queda automáticamente apartado de ese programa de investigación (esto conlleva fácilmente altos niveles de inseguridad profesional). La diferencia básica con los criterios de Popper estriba en que para éste las decisiones se refieren a los observacionales mientras que para Lakatos esto se generaliza a los enunciados universales.

En cuanto a la heurística positiva, la cuestión es algo más vaga y compleja ya que básicamente entraña las indicaciones de cómo debe desarrollarse el programa de investigación e irá incorporando, como consecuencia, nuevas hipótesis añadidas al cinturón protector, técnicas matemáticas y experimentales nuevas, predicciones, etc.

Según Lakatos un programa de investigación debe proveer de, al menos:

- Un programa definido para la investigación futura.
- Resultados positivos en cuanto al descubrimiento de fenómenos nuevos de cuando en cuando.

Si no se dan estas dos condiciones no se puede hablar de programa científico. Por ejemplo, sólo cumpliría el primer requisito la psicología freudiana y el segundo la moderna sociología, por ello esos programas no podrían considerarse como científicos.

El contraste entre programas de investigación rivales ha puesto de manifiesto históricamente que no tienen por qué ser totalmente autónomos, como dice

Lakatos; por ejemplo, la teoría electromagnética clásica surgió de los núcleos de dos programas distintos (los campos por un lado y el electrón por otro). El propio Lakatos dice que sólo se pueden medir los méritos de un programa retrospectivamente. Estas cuestiones, por boca de Feyerabend, sugieren que la metodología de Lakatos es: *un ornamento verbal, una especie de recuerdo de tiempos felices cuando todavía se creía posible manejar un asunto complejo y a menudo catastrófico como la ciencia mediante unas cuantas reglas 'racionales' y simples*.

1.3.2. Tradiciones de investigación

Uno de los más fieles seguidores de Lakatos fue Larry Laudan, el cual, posteriormente, desarrolló nuevas ideas tomando como base de partida los programas de investigación lo que le ha valido a veces críticas de falta de originalidad. Para Laudan, el término adecuado descriptor de la Ciencia son las *tradiciones de investigación*.

Una tradición de investigación es un conjunto de presupuestos generales en el contexto de un área de estudio que incluye los métodos y técnicas adecuadas para realizar investigaciones y construir teorías en esa área. Con el mismo pensamiento que Lakatos, las tradiciones de investigación son teorías en evolución que no pueden evaluarse fuera de su contexto histórico. Sin embargo, las diferencias entre ambos son sustanciales.

La tradición de investigación posee dos características fundamentales, una metodológica y otra ontológica. Ambas son interdependientes por lo que se influyen mutuamente.

La función metodológica consiste en un grupo de reglas que especifican lo que es posible hacer o no en el área, por lo que legitima y determina la actividad científica. En este contexto, la tradición está claramente marcada por la metodología.

La función ontológica de la tradición de investigación se refiere a los objetos de estudio de la tradición. Esta función determinará lógicamente la legitimidad de los fenómenos a estudiar. Así, según Laudan, una tradición de investigación supone una directriz maestra de estudio y trabajo que no tiene por qué ser verificable ni predictiva, al contrario del núcleo teórico que la constituye. La tradición de investigación provee vagamente las normas de funcionamiento, al contrario que los programas de investigación de Lakatos en los que el núcleo teórico dicta la norma.

Para Laudan, las tres funciones fundamentales de una tradición de investigación son:

- Determinación de los límites de aplicabilidad de las teorías que componen una disciplina.

- Provisión de una heurística positiva y una heurística negativa, igual que Lakatos, que permita la formulación de teorías que vayan desarrollando la tradición de investigación al objeto de resolver problemas científicos.
- Justificación de la existencia de teorías científicas.

Una diferencia fundamental con Lakatos se refiere a que el núcleo teórico no es infalsable, hasta tal punto que una tradición de investigación puede comenzar con un núcleo teórico y acabar con otro distinto.

Finalmente, Laudan mantiene como criterios de evaluación científica la progresividad y la regresividad con diferencias respecto a Lakatos, como por ejemplo la admisión de la progresividad de una tradición de investigación por aumento conceptual y no sólo empírico. El progreso pues no ocurre por contraposición de ‘tradiciones’ sino por cambio de problemas a investigar.

1.3.3. Evolucionismo

En 1972, Stephen Toulmin, publicó un libro llamado *La comprensión humana - El uso colectivo y la evolución de los conceptos*. En él se establece una analogía entre la evolución de las especies y la evolución de una construcción racional, como por ejemplo una disciplina científica.

Así, las teorías, procedimientos y métodos, no se articulan desde una estructura lógica sino que constituyen un conjunto interrelacionado, sometido continuamente a un proceso de evolución histórica basado en adaptaciones, innovaciones y selecciones, tal y como evoluciona una población biológica.

Los problemas planteados en cada disciplina se solucionan a base de selección de los modelos y teorías más eficientes en ese momento y los procesos de selección se ven afectados por los momentos sociales y políticos.

Para Toulmin, una disciplina puede considerarse constituida por una población de recursos intelectuales, una población de científicos y una población de instituciones. Los conceptos son considerados como ‘microinstituciones’ y las instituciones como ‘macroconceptos’. La racionalidad del progreso científico se debe a la selección entre alternativas y si está siempre en transformación es porque es algo más que un sistema estructurado lógicamente.

1.3.4. Paradigmas (relativismo)

Otra visión que plantea las teorías como estructuras es la propuesta por Tomás Khun. Éste la formuló al descubrir que había una falta de coherencia sustancial entre los modelos tradicionales como inductivismo o falsacionismo y las pruebas históricas de la evolución de la Ciencia.

Los rasgos característicos del modelo de Khun son el *carácter revolucionario* del progreso científico –una revolución supone la substitución de una estructura teórica por otra muy diferente e incompatible con la substituida– y el papel desempeñado por las propias comunidades científicas –*carácter social*.

Al igual que Lakatos el modelo debe resistir la crítica basada en la historia de la Ciencia y puede resumirse de acuerdo con el Gráfico 1.5.



Gráfico 1.5. La Ciencia según Khun.

Toda la actividad científica desorganizada y sin estructurar se denomina preciencia.

Cuando la comunidad científica trabaja de forma organizada y estructura el conocimiento científico se constituye un *paradigma*. El paradigma está constituido por bases teóricas generales, leyes protectoras y técnicas para su aplicación adoptadas por la comunidad científica que lo mantiene.

Así, los que trabajan dentro de un paradigma (teoría atómica, mecánica ondulatoria,...) practican lo que Khun denomina *Ciencia normal*. El paradigma se desarrollará mediante un programa adecuado de investigación y lógicamente deberá predecir nuevos fenómenos que se habrán de contrastar. En el proceso de experimentación se encontrarán aparentes falsaciones y si las dificultades generadas por estas falsaciones no se solucionan entonces se plantea un estado de *crisis*.

La crisis sólo se resuelve cuando aparece un paradigma completamente nuevo que va ganando cada vez más adeptos hasta que sustituye al anterior. Este cambio radical es lo que constituye una *revolución científica*.

En la propia naturaleza del paradigma está el escapar a una definición precisa, sin embargo es posible describir algunos de sus componentes típicos:

- Supuestos teóricos, leyes y teorías básicas, similares al núcleo central de Lakatos, que se relacionan con los problemas científicos resueltos y las predicciones cumplidas.
- Forma habitual de aplicar el núcleo teórico a las situaciones diarias (métodos).
- Instrumental y técnicas instrumentales que conectan el paradigma con la naturaleza.
- Aspectos metafísicos inherentes al paradigma, que proporcionan la imagen de la naturaleza que tienen los científicos así como sus creencias sobre la ‘realidad’.
- Aspecto sociológico del paradigma, referente a la estructura social de la comunidad de científicos que lo siguen, incluyendo las relaciones internas y externas de esta colectividad.
- Prescripciones metodológicas de tipo genérico...

Así, Khun describe la ciencia normal como *la actividad destinada a resolver problemas científicos gobernada por las reglas de un paradigma*. En este sentido el paradigma es más impreciso y por ello más abierto que la heurística positiva de Lakatos.

La ciencia normal supone que el paradigma provee los medios adecuados para resolver los problemas teóricos y experimentales que se van planteando y entiende que cuando hay un fracaso en la solución de un problema, éste no debe ser atribuido al paradigma sino al investigador. Los problemas que no terminan de solucionarse se conocen como *anomalías* y un científico que trabaja en un paradigma no debe emplear su esfuerzo en criticarlo sino en explorar la naturaleza en profundidad bajo las reglas de aquél. Es precisamente esta actividad de crítica la que marca la preciencia: el desacuerdo en lo fundamental y la desorganización y falta de estructuración consiguiente.

El científico normal se forma bajo las teorías, métodos y técnicas instrumentales de un paradigma y hará investigación bajo la supervisión de un experto. Si culpa al paradigma de no poder resolver algún problema se expondrá a las mismas críticas del carpintero que culpa a su martillo. Esto no es óbice para que existan fallos que a la larga sean de tal gravedad que constituyan una crisis en el sentido ya mencionado (la probabilidad de que ocurra esto es lo suficientemente baja para que en la mayoría de las ocasiones sea una situación impensable).

Una anomalía es grave si afecta a los fundamentos del paradigma y resiste tercamente los esfuerzos por eliminarla o bien se da una necesidad social apremiante, se tarda excesivo tiempo en eliminarla, son excesivas anomalías, etc...

El tiempo de crisis conlleva problemas de inseguridad científica y profesional y los intentos de resolver la anomalía son cada vez más radicales, debilitándose progresivamente los métodos y reglas establecidas para resolver los problemas por el paradigma. La crisis aumenta cuando aparece un paradigma rival, que generalmente se produce como un chispazo de la genialidad y es radicalmente diferente del anterior.

Khun plantea que científicos de diferentes paradigmas viven en mundos distintos para significar claramente sus diferencias y de hecho dos paradigmas rivales son tan distintos que es imposible para los científicos de cada uno de ellos creer en las posibilidades del otro. Por ello se plantea el término revolución para el cambio de paradigma, no se trata de que cambie un científico sino toda la comunidad.

Finalmente, debe comprenderse que no todos los científicos son iguales ni proponen las mismas soluciones para un mismo problema, es decir, que el paradigma está sujeto a la naturaleza humana lo cual lo hace versátil, adaptable y mejorable hasta la próxima crisis.

Los dos modelos de ciencia contrapuestos representados por Lakatos y Khun han planteado dos modos distintos de plantear el problema de distinguir la Ciencia de la no Ciencia: las denominadas posturas *racionalistas* frente a las *relativistas*, respectivamente.

Un racionalismo extremo expresa que existe un solo criterio universal por el cual deben ser juzgados los méritos relativos de dos teorías rivales. Así, las decisiones y elecciones de los científicos están guiadas por este criterio universal de forma que el racionalista pensará que aquellas teorías que cumplen con las exigencias del criterio universal son verdaderas –en el sentido que se emplee de verdad-. Para un falsacionista por ejemplo el criterio universal sería el grado de falsabilidad de las teorías no falsadas.

La distinción entre Ciencia y no Ciencia está clara para el racionalista: las teorías científicas sólo son aquellas que satisfacen el criterio de universalidad y que superan la prueba. Está claro que aplicando el criterio universal se tiene el camino que conduce a la verdad. Desde su punto de vista la verdad, la razonabilidad y por tanto la Ciencia son buenas en sí mismas.

El relativista niega que exista un criterio universal por el cual puedan ser juzgadas unas teorías mejores que otras. Las consideraciones sobre las teorías dependen de la comunidad científica e inclusive hasta del científico a nivel individual. Para Khun no hay ninguna norma superior a la aprobación de la comunidad correspondiente. Los criterios para juzgar las teorías serán relativos al individuo o comunidad que las suscriba. Por ejemplo, ¿sería posible en la actualidad científica universitaria desarrollar teorías no sustentadas y aprobadas por la propia comunidad?

El relativista tampoco cree que la Ciencia sea superior a otras formas de conocimiento aunque existan científicos que den una gran importancia a lo que normalmente se conoce como Ciencia.

Pese a los criterios de racionalidad de Lakatos su metodología es incapaz de proporcionar siempre consejos adecuados a los científicos, como fue reconocido por él. La frase *sólo se puede ser sabio a posteriori* expresa claramente esta idea. De hecho, en dos teorías rivales será muy difícil prescribir cuál de ellas va a ser la más aproximada a la ‘verdad’ y aunque una de ellas parezca que va a quedar en desuso no se tiene la seguridad de que más adelante sea la definitiva. Es decir, es posible apoyar racionalmente una teoría degenerada e incluso después.

Khun sin embargo niega ser un relativista pese a sus supuestos socializadores de la Ciencia. Responde a sus acusadores en los siguientes términos: *Las teorías científicas posteriores son mejores que las anteriores para resolver enigmas en los medios a menudo muy diferentes a los que se aplican. Esto no es la postura de un relativista, y muestra en qué sentido creo firmemente en el progreso humano.*

Para distinguir la Ciencia de la no Ciencia Khun expresa que un campo de estudio será científico en la medida que pueda respaldar una ‘tradición científica normal’. Como Lakatos, Khun no mantiene que la Ciencia sea superior a otros campos de estudio, pero lo supone. De hecho sugiere que si una teoría de la racionalidad chocara con la Ciencia habría que plantearse cambiar la teoría de la racionalidad. Es en este profundo respeto por la Ciencia donde Khun se aparta del relativismo.

El resumen de estas posturas podría ser que Lakatos quería dar una explicación racionalista de la Ciencia y fracasó, mientras que Khun negaba que pretendiera dar una explicación relativista de la misma y, sin embargo, la dio.

Estas posturas contrapuestas aún pueden adjetivarse en función de cómo se entienda el conocimiento: cuando éste se entiende como un conjunto de creencias sustentadas por el individuo en singular y residentes en su mente entonces hablamos de *individualismo*. Por contra, cuando se entiende que los observacionales singulares o universales tienen propiedades y características trascendentales, es decir, que mantienen una independencia constante del ser humano que los concibe o contempla, entonces estamos hablando de *objetivismo*.

El individuo nace en el mundo como es y el que aspire a convertirse en un científico tendrá que enfrentarse a una situación en la que las ciencias actuales tienen un cierto grado de desarrollo, siendo evidente pues que si se desea contribuir a la Ciencia con algo en un campo de estudio determinado, se deberá estar familiarizado con una buena parte del campo de que se trate. Si por ejemplo deseamos aportar algo en el campo de la electroquímica, deberemos poseer suficientes conocimientos de los procesos físico-químicos, la química en general,

termodinámica y, electroquímica en particular, además de manejar con soltura la física y las matemáticas.

El objetivista da prioridad en su análisis científico a las características del campo de estudio de que se trate independientemente de las ideas subjetivas, actitudes o creencias de otros científicos. Se puede decir que el conocimiento está tratado como si estuviera fuera de las mentes de los individuos. La típica manzana que cae es un observacional independiente de los deseos o voluntad de los individuos que lo contemplan y si no hubiese sido contemplado hubiera pasado desapercibido, pero el fenómeno subsistiría. Como se puede ver esta simple proposición tiene propiedades características e independientes del individuo, es decir, propiedades objetivas.

Cualquier campo de la Ciencia es hoy día tan complejo que un científico sólo podrá ocuparse de un segmento muy estrecho dentro de las disciplinas conocidas y probablemente será inconsciente del conjunto del campo, pero sin embargo está contribuyendo a su enriquecimiento y ampliación. De acuerdo con esto probablemente existirán relaciones objetivas entre las diferentes partes del campo al margen de que sean conscientes o no de ello los autores de dichas partes.

Así, no es lo mismo comprender a Galileo que a su teoría. Para comprender a Galileo sería necesario un estudio psicológico y sociológico, mientras que para comprender su teoría lo adecuado sería un estudio científico, y nada tendría que ver la actitud o la fe de Galileo hacia su teoría.

El estudio desde un punto de vista objetivo de una Ciencia debe complementar la parte teórica con la práctica, es decir, la Ciencia sigue un proceso de intervención en la naturaleza y para ello es necesario el uso de las necesarias técnicas e instrumentos que permitan ir adecuando la teoría al Universo. La parte experimental se muestra pues como algo totalmente necesaria aunque guiada por la teoría. Finalmente, un rasgo moderno de las ciencias experimentales es que la expresión de las teorías tiene por regla general una dimensión matemática. Se puede decir pues que una visión objetivista de la Ciencia para una fase determinada de su desarrollo agrupa:

- Soporte teórico de que se dispone para operar.
- Técnicas experimentales e instrumentos que conecten la teoría con la naturaleza.
- Técnicas y herramientas matemáticas necesarias para simplificar, hacer comprensible y llegar a resultados prácticos de la investigación.
- Elementos de predicción y contraste para el futuro de la investigación.

En un programa de investigación (teoría más su práctica asociada) se producirán constantemente oportunidades diversas para desarrollar la teoría puesta a prueba. Estas oportunidades vendrán dadas desde lo teórico, en función de

las técnicas experimentales y matemáticas disponibles en ese momento, hasta lo práctico, que será también función de esas mismas técnicas. El conjunto de oportunidades de desarrollo de una teoría es pues una característica propia del programa de investigación, independientemente de los científicos, y que medirá sus posibilidades futuras. En este sentido se advierte claramente una diferencia con respecto a la heurística positiva de Lakatos. No obstante no sólo se necesitan programas con un elevado número de oportunidades, sino que éstas se aprovechen en la práctica ya que, si no, el programa quedaría gradualmente abandonado en favor de otros más efectivos. Evidentemente, las predicciones contrastadas elevan el número de oportunidades y por tanto prorrogan el programa.

1.4. | Criterios finales

Las teorías son construcciones humanas y por ello afectadas de su propia naturaleza, es decir, variables y con desarrollo progresivo. Mientras, globalmente la naturaleza se mantiene inmutable o, al menos, sus cambios escapan al ámbito humano. Desde este punto de vista existen distintos modos de abordar las relaciones entre teorías y realidad natural:

1. Las teorías describen el mundo como es, es decir, dan explicaciones reales del comportamiento de la naturaleza. Así, la teoría cinética de los gases por ejemplo explica que en la realidad los gases están formados por moléculas que se mueven constantemente y chocan con las paredes de los recipientes originando así la presión. Sería ésta la postura *realista*.
2. La situación alternativa sería que las teorías son instrumentos que utiliza el científico para poder explicar el comportamiento de la naturaleza, es decir, las teorías no tienen por qué describir la realidad. Según la postura *instrumentalista* la teoría cinética por ejemplo podría ser una cómoda ficción para resolver el problema del comportamiento de los gases; en la realidad no es necesario que haya moléculas, y tampoco que se muevan.

El realismo lleva en sí mismo la idea de verdad igual a realidad, y según él, la Ciencia aspira a dar explicaciones verdaderas sobre la naturaleza. Una teoría que describa correctamente algún aspecto del Universo será verdadera y si no lo hace será falsa. Ello implicaría que el mundo es independiente del ser humano como conocedor y, por tanto, es como es, al margen de nuestros conocimientos teóricos.

El instrumentalismo conlleva también una cierta idea de verdad, aunque de forma indirecta. Las descripciones del mundo serán verdaderas o falsas según se describan correctamente o no y las teorías no se juzgarán por su verdad o falsedad sino por su utilidad como instrumentos.

Algún argumento a favor del realismo frente al instrumentalismo proviene del hecho predictivo. Las predicciones de fenómenos nuevos no son explicables desde el punto de vista instrumentalista. Evidentemente, la postura realista es más problemática que la instrumentalista –menos comprometida– pero también genera muchas oportunidades de progreso y desarrollo.

En la práctica, siendo verdaderamente conscientes de cómo funciona la Ciencia, ninguna de las dos posturas responde completamente a los deseos de los que las sustentan, sino que son aproximaciones más o menos perfectas a lo que pretenden describir.

El concepto de verdad científica se entiende generalmente como *correspondencia*, es decir, que cada teoría debe corresponderse con la realidad natural. Esto plantea un cierto problema que se puede resumir en lo siguiente: si la luz se consideró primero como partículas (Newton), después, como ondas (Huygens) y hoy, ambas cosas, es evidente que nunca se tuvo toda la verdad ni probablemente se tendrá. De hecho cada vez que se produce una revolución científica ocurre lo mismo. La búsqueda de la verdad absoluta –no la relativa que tomamos como absoluta– debería ser pues el ideal de la Ciencia.

Si se analizan las teorías de Newton y de Einstein, por ejemplo, se encuentra que, en principio, la teoría de Newton no es verdadera ya que sería un estado límite de la Relatividad; es decir, la teoría de Newton no se corresponde con los hechos. Pues bien, si se considera un sistema físico a velocidades moderadas se encuentra que la masa permanece aproximadamente constante. Esto implica que no es posible a la luz de los conocimientos actuales tachar de instrumentalista la teoría de Newton (posee partes de verdad), pero tampoco de realista puesto que deja de cumplirse en cuanto aumenta la velocidad.

Se puede considerar pues que el mundo físico está constituido de tal forma que la teoría de Newton es aproximadamente aplicable a él en circunstancias muy diversas y, de hecho, a la luz de la Relatividad, es así. Por ello y aunque no se corresponde con los hechos va más allá de lo que expresa el instrumentalismo. De acuerdo con Chalmers se podrían generalizar estas ideas diciendo que *el mundo físico está constituido de tal forma que nuestras teorías físicas actuales son aplicables a él en algún grado y, en general, en un grado que excede en muchos aspectos al de sus predecesores. La finalidad de la física –podemos generalizar a otras ciencias– será establecer los límites de la aplicabilidad de las teorías actuales y desarrollar teorías que sean aplicables al mundo con un mayor grado de aproximación en las circunstancias más diversas. Llamaré a este punto de vista realismo no representativo.*

En otro sentido es preciso alejarse del concepto de Ciencia como ideología (defensa fanática de la misma) ya que probablemente su uso será inadecuado

y hasta pernicioso en según quién lo maneje. Es evidente, a la luz de la Historia, que el concepto de Ciencia *no es ni universal ni independiente de la naturaleza humana*. No se pueden aprobar o rechazar áreas del conocimiento humano en función de criterios relativistas, por muy poderosos que sean. Más bien y para un campo de estudio concreto debemos investigar cuáles son sus fines, qué metodología emplea para conseguirlos, en qué medida se han conseguido y qué mecanismos determinan su desarrollo. Entonces se estaría en condiciones de valorar dicho campo de estudio. Es decir, cuando se pretende cambiar una situación de forma controlada, como mejor se hará será comprendiendo la propia situación y dominando los medios disponibles para cambiarla.