

**Facultad de Ciencias Veterinarias- Universidad de Buenos Aires**  
**Maestría en Medicina Deportiva del equino**



**Epistemología y Metodología de las Ciencias**

**Apunte 1 de EPISTEMOLOGÍA DE LAS CIENCIAS NATURALES**

**(Para uso exclusivo de los alumnos de la Maestría en Medicina Deportiva del equino y la Maestría en Reproducción Animal) Curso 2013**

**Autor:** Lic. ALBERTO ONNA

Primeras reflexiones sobre la ciencia

Objetivos

Comprender las relaciones entre ciencia, tecnología y sociedad que se establecen durante la construcción de la ciencia y en la práctica científica.

Conocer los problemas epistemológicos originados durante la elaboración del conocimiento de las ciencias naturales.

Detectar núcleos temáticos disciplinares adecuados para introducir las discusiones epistemológicas en el aula.

Planificar una actividad en la que los alumnos de educación media se encuentren con los problemas epistemológicos que surgen en esa disciplina.

Contenidos.

1.1. Introducción.

1.2. Naturaleza de la epistemología de las ciencias naturales y la Naturaleza.

1.2.1. Leyes naturales y leyes humanas.

1.2.2. La epistemología revisitada.

1.2.3. Filosofía natural, Historia natural y Ciencias naturales.

1.3. La concepción de ciencia natural como constructo social y sus implicancias educativas.

1.4. Utilidad de las reflexiones epistémicas sobre las ciencias naturales.

1.4.1. Inductivismo, Hipotético–deductivismo y Falsacionismo: primera aproximación.

1.5. Enfoques CTSA (ciencia–tecnología–sociedad–ambiente) en educación y el papel de la epistemología.

1.5.1. Nuevos conocimientos, nuevos problemas y nuevos interrogantes.

- 1.6. El uso de la historia y la filosofía de la ciencia en la enseñanza de las ciencias naturales.
  - 1.6.1. Los defensores.
  - 1.6.2. Los objetores juegan en contra.
  - 1.7. Articulación entre epistemología, filosofía e historia en las teorías científicas.
  - 1.7.1. Análisis de casos históricos en ciencias naturales.
  - 1.7.2. “A los hombros de gigantes...”, o de cómo interpretar un caso histórico de diseño experimental.
- Resumen

## 1.1. Introducción

Todos y cada uno de nosotros que integramos lo que llamamos “humanidad”, somos una especie viviente que ha desarrollado –tras un largo proceso evolutivo biológico y social– la extraña capacidad de pensar sobre el mundo, sobre nosotros mismos y sobre las relaciones que establecemos con el mundo; es decir, que tenemos la capacidad de filosofar.

Pero ¿qué papel juega la reflexión en nuestra vida y en particular en nuestro trabajo docente?

Cada uno de nosotros, en diferentes momentos, ha recapitado sobre sus propias acciones; se ha permitido reflexionar sobre su propio devenir; y ha efectuado, lo que podríamos llamar, “balances” sobre la propia vida. Tal vez el “hacer un alto en el camino” y reflexionar –es decir, “volverse sobre sí mismo”– tiene por finalidad reorientarse cuando extraviamos las metas y no podemos reconocer el sentido de nuestras acciones. Llevado al plano profesional, los profesores de ciencias, deberíamos ejercitar esa saludable actitud. No para cuestionar vanamente cada una de nuestras prácticas de enseñanza, sino, por el contrario, para mejorarlas.

---

### Cuestiones para reflexionar...

- ¿Pensó seriamente cuál es concepto de ciencia que maneja usted?
- ¿Presenta a sus alumnos el conocimiento científico como un producto acabado, plasmado en verdades bajo la forma de leyes y teorías; o lo presenta como un proceso que genera sucesivas explicaciones provisionales acerca de la naturaleza del mundo físico?
- ¿Las leyes naturales existen al margen de la voluntad de los seres humanos, o se refieren a interpretaciones que las sociedades generan acerca de la naturaleza?
- ¿Consideró alguna vez que las respuestas que usted tiene sobre los diferentes interrogantes influyen sobre su concepción acerca de qué es ciencia, de sus fundamentos y metodologías? ¿Es consciente de que intentará transmitir esas concepciones a sus alumnos?

---

El intento de ejercitar la reflexión sobre los fundamentos filosóficos y socio–históricos de las ciencias naturales tiene por objetivo mejorar nuestras capacidades docentes. A esa reflexión metacientífica –vale decir, metacognitiva sobre los fundamentos básicos de las ciencias naturales, sus teorías y sus prácticas–, la denominaremos epistemología de las ciencias naturales.

---

### Actividad 1.1.1.

Lea las siguientes definiciones de epistemología y compárelas:

▪ Definición 1:

“Epistemología. Doctrina de los fundamentos y métodos del conocimiento científico.” (RAE, 1970: 553).

▪ Definición 2:

“Epistemología. Esta palabra designa la filosofía de las ciencias, pero con un sentido más preciso. No es propiamente el estudio de los métodos científicos, que es el objeto de la metodología y forma parte de la lógica. Tampoco es una síntesis o una anticipación conjetural de las leyes científicas (a la manera del positivismo y del evolucionismo). Es esencialmente el estudio crítico de los principios, de las hipótesis y de los resultados de las diversas ciencias, destinado a determinar su origen lógico (no psicológico), su valor y su alcance objetivo. Débese, pues, distinguir la epistemología de la teoría del conocimiento, aunque sea su introducción y auxiliar indispensable, en cuanto estudia el conocimiento en pormenor y *a posteriori*, en la diversidad de las ciencias y de los objetos más bien que en la unidad del espíritu.” (Sociedad Francesa de Filosofía, 1953: 337)

▪ Definición 3:

“Epistemología, o filosofía de la ciencia, es la rama de la filosofía que estudia la investigación científica y su producto, el conocimiento científico.” (Bunge, 1985: 13).

▪ Definición 4:

“Epistemología: Teoría filosófica que trata de explicar la naturaleza, variedades, orígenes, objetos y límites del conocimiento.” (Bynum, Browne & Porter, 1986: 172)

---

### Actividad 1.1.2.

Luego de interpretar las diferentes caracterizaciones y alcances que del término se brindan en cada una de las definiciones presentadas, redacte un breve resumen sobre las coincidencias y diferencias encontradas.

Guíese por las siguientes preguntas de orientación para generar su texto:

- ¿La epistemología es sinónimo de filosofía de la ciencia, o es sólo una parte de esta?
  - ¿El estudio de los métodos de la ciencia forma parte de la epistemología, o pertenecen a la metodología de la ciencia?
  - ¿La epistemología estudia el conocimiento en general o sólo el científico?
- 

**Corolario:** Como podemos apreciar a través de las diferentes definiciones de epistemología, no existe total consenso acerca de qué es y cuál es su alcance. A lo largo de las clases iremos profundizando y precisando este y otros conceptos relacionados.

## 1.2. Naturaleza de la epistemología de las ciencias naturales y la Naturaleza

Comenzaremos, a modo de aprestamiento, con una reflexión acerca del título que encabeza esta sección: “Naturaleza de la epistemología de las ciencias naturales y la Naturaleza”.

Originalmente, tanto para el mundo griego como para el latino, *physis* y *natura*, respectivamente, significaban génesis o nacimiento. Sin embargo, ambos términos derivaron hacia los dos aspectos que hoy mantienen; por una parte se refieren a la esencia de una cosa o tipos de cosas, –por ejemplo, decimos “la búsqueda de la verdad es propia de la naturaleza humana”, queriendo significar con ello que esa búsqueda es inherente de la condición de ser humano–. Ese es el sentido de la primera palabra del título.

En cambio, la última palabra, Naturaleza, y el adjetivo *naturales* aplicado a ciencias, tienen que ver con el segundo aspecto en que se emplea naturaleza (a veces, para distinguirla se la escribe, como aquí, con mayúscula). En este sentido, el término se refiere a todo lo que existe en el mundo físico. La naturaleza ha sido considerada como un poder o fuerza unitaria que gobernaba todos los fenómenos mediante principios o leyes inmutables.

### 1.2.1. Leyes naturales y leyes humanas

Con el tiempo, la concepción en Occidente prevaleció la interpretación mecanicista del mundo. Esta visión identificaba las leyes que gobiernan al mundo físico con las leyes de acción mecánica y la suma de todas las cosas. Bajo esta concepción, la Naturaleza era vista como una gigantesca máquina, cuyas partes (sometidas al cumplimiento de las leyes naturales) se relacionaban entre sí al modo de los componentes o piezas de las máquinas fabricadas por los seres humanos.

Ya en el siglo XX, el sentido de las denominadas leyes de la naturaleza fue variando; dejaron de ser interpretadas como las que controlaban los fenómenos naturales y se tomaron como las vías para describir, ordenar y resumir las regularidades de los fenómenos observados. Es decir que las leyes naturales –a diferencia de las leyes humanas– tendrían un carácter descriptivo no ya prescriptivo.

#### Actividad 1.2.1.

- 
- ¿En qué sentido se puede decir que mientras que las leyes humanas son prescriptivas, las leyes naturales son descriptivas?
  - ¿Podría ser a la inversa? ¿En qué contexto ocurriría tal situación?
- 

### 1.2.2. La epistemología revisitada

Luego de haber meditado sobre las múltiples definiciones de epistemología que hemos presentado usted seguramente habrá arribado a alguna conclusión; aunque así no fuera, le acercamos una conclusión según la cual ésta podría ser definida como *la rama de la filosofía relacionada con la naturaleza del conocimiento científico, sus posibilidades, su origen, sus variedades, sus objetos, sus límites y sus bases generales.*

El filósofo griego Platón (427–347 a.C.) distinguió entre el conocimiento (*episteme*) y las creencias u opiniones (*doxa*). Posteriormente se entendió por conocimiento a una opinión verdadera justificada, aunque los escépticos\* dudaron de que se pudiera justificar la veracidad de la afirmación. Más tarde los falibilistas\* plantearon que a lo sumo lo que

podemos enunciar son conjeturas que al ser examinadas en forma crítica, no resultan desmentidas.

**Escépticos:** sostienen la postura filosófica que cuestiona la eficacia de nuestro equipamiento cognitivo y rechazan la posibilidad de obtener conocimiento verdadero.

**Falibilistas:** plantean que las aseveraciones acerca de las verdades científicas son invariablemente vulnerables y pueden tornarse falsas. Desde este punto de vista, las teorías científicas jamás deberían ser presentadas como verdaderas en forma categórica, sino como propietarias de cierta posibilidad de ser verdaderas.

Conviene aclarar que hay una diferencia considerable entre epistemología y metodología. La primera se refiere a lo que es posible conocer; la segunda, en cambio, es la teoría del método, las reglas y las interpretaciones aplicados a datos, enunciados e hipótesis relacionados con los hechos empíricos.

---

▪ ¿Qué opina de la frase “la epistemología nos dice lo que podemos conocer mientras que la metodología se ocupa de las vías y medios para conocer”, como síntesis de las diferencias entre ambos conceptos?

---

### 1.2.3. Filosofía natural, Historia natural y Ciencias naturales

Se entiende por ciencias naturales\* al conjunto de disciplinas independientes y especializadas, que comenzaron a perfilarse a partir del siglo XVII. Sin embargo, adquirieron su conformación durante el siglo XIX cuando se diferenciaron de la filosofía natural\*, y más tarde, de la historia natural\*.

**Filosofía Natural:** este concepto denotaba hasta mediados del siglo XIX el estudio del mundo natural. Las personas que se ocupaban de ella eran denominadas “filósofos naturales” (a veces también, letrados, sabios, virtuosos, etc.). Cuando comenzó a institucionalizarse la actividad científica (dando lugar a las diferentes carreras profesionales), su uso comenzó a ser reemplazado por el de “científico”.

**Historia Natural:** configurada durante la Edad Media, se refería principalmente a los estudios descriptivos de plantas, animales, rocas y minerales. Por lo tanto, su finalidad era eminentemente utilitaria (no sólo en el sentido práctico del uso, sino como ejemplos morales aplicables a los seres humanos y su religiosidad). A partir del siglo XVII esos estudios desarrollaron gran variedad de sistemas taxonómicos. Con la aparición de las disciplinas científicas, la historia natural fue concebida como una rama descriptiva de las ciencias naturales. A medida que las ciencias naturales se desarrollaron, la historia natural adquirió un sentido genérico para referirse a las ciencias de la vida y de la Tierra.

**Ciencias Naturales:** reúne un conjunto de disciplinas científicas que se organizaron durante el siglo XIX y cuya característica más destacable es el de constituir al estudio experimental o empírico del mundo material desde una óptica neutral y metódica.

Las principales ciencias naturales son la astronomía, la física, la química, la biología, la geología, la climatología y la oceanografía. También se puede reconocer disciplinas científicas que encaran el estudio de campos o fenómenos naturales muy específicos, como por ejemplo la edafología (ciencia del suelo), la ecología (estudio de ecosistemas), la paleontología (fósiles), la glaciología (glaciares), la espeleología (cavernas) y, por supuesto, las subdisciplinas (óptica, botánica, biogeografía, etc.) e interdisciplinas (biología molecular, fisicoquímica, genómica, proteómica, etc.). Un rasgo definitorio de las actuales ciencias naturales es la extendida aplicación del estudio experimental (o empírico) del mundo material o externo desde la posición de un observador neutral y metódico.

Actividad 1.2. 2. Complete la tabla siguiente de disciplinas, subdisciplinas e interdisciplinas de las Ciencias Naturales (mencione dos ejemplos de cada clase, distintos a los presentados en el texto y explique cuál es el objeto de estudio y en el caso de subdisciplinas e interdisciplinas, con cuáles campos se relacionan).

DISCIPLINAS (o ciencias)	SUBDISCIPLINAS	INTERDISCIPLINAS
Hidrología (estudio del agua en el planeta)	Limnología (estudio de las aguas continentales) (ecología)	Astrofísica (estudios físicos de los cuerpos celestes) (astronomía + física)

### 1.3. La concepción de ciencia natural como construcción social y sus implicancias educativas

¿El conocimiento científico es conocimiento objetivo o una construcción socialmente consensuada?

El paradigma moderno de ciencia sostenía que esta encarnaba el conocimiento objetivo, desprendido de las voluntades subjetivas y temporales de los sujetos que la cultivaban. Actualmente se la plantea como un constructo social; lo que algunos autores lo presentan como paradigma posmoderno. Esas dos posiciones conllevan sendas interpretaciones de Naturaleza. La primera, aborda la ciencia como criterio de existencia objetiva, de propia determinación. En cambio la idea de constructo social la considera como proyección del sujeto pensante desde alguna posición psico-social enmarcada en un contexto histórico y cultural dado.

Dependiendo de si se asumen posturas filosóficas realistas –como en el primer caso–, o relativistas y constructivistas –como en el segundo–, se pertenecerá a uno u otro bando. Esta polémica no ha sido resuelta aún y coexisten defensores y detractores de cada una de estas posiciones.

La concepción moderna del conocer científico del mundo como realidad objetivable guarda consistencia con la actitud –a veces reconocida– del profesor de ciencias que concibe el conocimiento de los contenidos de su disciplina como productos acabados, ciertos y

objetivos. Esta situación se le puede sumar una actitud paternalista y una sobrevaloración de la experticia del docente frente a la posición subordinada del educando novato.

Por otra parte, el concebir la ciencia como actividad social, además de generar un concepto de naturaleza matizado de valores, introduce un marco de referencia pluralista, propicio para el diálogo docente–alumno que estimula la interacción recíproca y la edificación de la autonomía responsable.

Las críticas a las posturas modernas de concebir la ciencia más como producto que como proceso, no necesariamente deben conducir a la adopción de posiciones relativistas, propias del constructivismo posmoderno. Por el contrario, puede llevar a un refinamiento en el empleo de la concepción realista, objetiva y universal de la ciencia, manteniendo una actitud alerta frente a las constantes interacciones que se presentan entre ciencia, tecnología, sociedad y ambiente.

Foro:

---

▪ ¿Ha reflexionado cuál es la posición predominante que usted asume en la polémica acerca de si el conocimiento científico es conocimiento objetivo o una construcción social?

---

▪ ¿Nota usted relación entre su modo de concebir la ciencia y la investigación científica y su modo de llevar adelante su actividad docente?

---

## 1.4. Utilidad de las reflexiones epistémicas sobre las ciencias naturales

### 1.4.1. Inductivismo, Hipotético–deductivismo y Falsacionismo: primera aproximación

¿Podría reconocer en los textos siguientes los enunciados de distintas concepciones epistemológicas? Es decir, ¿puede percibir en ellos diferentes maneras de concebir la ciencia y la investigación científica?

---

Actividad 1.4.1.

- Lea cada uno de los textos e identifique qué característica atribuye cada corriente epistemológica como explicativa de la actividad científica.
- Fundamente, en cada caso, las razones que lo llevaron a sus conclusiones.

Texto 1

“Si intentamos imaginar cómo utilizaría el método científico... una mente de poder y alcance sobrehumanos, pero normal en lo que se refiere a los procesos lógicos de su pensamiento, el proceso sería el siguiente: En primer lugar, se observarían y registrarían todos los hechos, *sin seleccionarlos* ni hacer conjeturas *a priori* acerca de su relevancia. En segundo lugar, se analizarían, compararían y clasificarían esos hechos observados y registrados, *sin más hipótesis ni postulados* que los que necesariamente supone la lógica del pensamiento. En tercer lugar, a partir de este análisis de los hechos se harían generalizaciones inductivas referentes a las relaciones, clasificatorias o causales, entre ellos. En cuarto lugar, las investigaciones subsiguientes serían deductivas tanto como inductivas, haciéndose inferencias a

partir de generalizaciones previamente establecidas.”

#### Texto 2

“Las teorías científicas no son el resumen de observaciones, sino que son invenciones, conjeturas, valientemente expuestas a juicio, que han de ser eliminadas si se demuestra que están en desacuerdo con las observaciones, con las observaciones que no sean de carácter accidental sino como regla, tomadas con la intención explícita de comprobar una teoría, obteniendo, si fuera posible, una refutación decisiva.”

#### Texto 3

“El criterio para discernir el nivel científico de una teoría es su falsabilidad, o refutabilidad, o comprobación [no su confirmabilidad].”

---

Ninguno de los textos anteriores es neutro en relación a las concepciones que sustentan respecto de la naturaleza de la ciencia. Los textos corresponden a descripciones de las corrientes epistemológicas denominadas inductivismo, hipotético deductivismo y falsacionismo respectivamente.

Esas posiciones epistemológicas efectúan un análisis internalista de la ciencia; es decir, que la estudian como un sistema cerrado sin, o con pocas, influencias provenientes desde la sociedad.

Estos enfoques dominaron el análisis filosófico de la ciencia desde el siglo XIX y hasta mediados del XX.

El autor del primer texto, publicado en 1924, es de a: R. Wolfe, un economista que resume la interpretación inductivista de cómo se hace ciencia (cit. Hempel, 1981: 27).

El segundo fue redactado en 1963 por Karl R. Popper, notable epistemólogo austríaco, de quien desarrollaremos su sistema en la próxima unidad. En ese texto describe el método hipotético–deductivo como el modo en que opera la ciencia (cit. Oldroyd, 1993: 452). El tercer texto también es de Popper; en ese explicita el criterio de demarcación entre lo que es ciencia y lo que es pseudociencia según el falsacionismo, corriente epistemológica propuesta por ese autor (cit. Oldroyd, 1993: 451).

---

#### ACTIVIDAD 1.4.2.

- Compare las posiciones expresadas en los textos con las concepciones que usted sostiene en relación con la ciencia y la investigación científica. ¿Puede reconocer si está inscripto en alguna de ellas? (En la próxima unidad se desarrollarán en detalle y tendrá nuevamente oportunidad de efectuar la comparación con más elementos de juicio que aportarán a una mejor argumentación).

---

## 1.5. Enfoques CTSA (ciencia–tecnología–sociedad–ambiente) en educación y el papel de la epistemología



### **1.5.1. Nuevos conocimientos, nuevos problemas y nuevos interrogantes**

Seguramente usted coincidirá con nosotros en que estamos frente a un período de la historia de la humanidad que está signado por profundas y veloces modificaciones de las relaciones sociales, nacionales e internacionales.

Bien vale recordar aquella promesa realizada por Francis Bacon en el siglo XVII de que la Ciencia solucionaría todos los problemas humanos. Ante el actual panorama, las revoluciones tecnocientíficas representadas por las biotecnologías, los nuevos materiales, las nanotecnologías y las TICs (tecnologías de la información y comunicación) ¿contribuirán a completar aquella promesa incumplida?

La inminente “sociedad del conocimiento” que vaticinan los analistas y científicos sociales, ¿será la nueva organización social que resolverá las encrucijadas actuales?  
¿Cree usted que los nuevos problemas se resolverán mediante aplicaciones tecnocientíficas?

¿Es posible pensar que los conocimientos científicos y tecnológicos darán solución a los nuevos desafíos que se nos presentan como sociedad?  
¿Cómo nos estamos preparando para afrontarlos?

---

#### ACTIVIDAD 1.5.1.

▪ Lea los párrafos siguientes y evalúe si constituyen un diagnóstico y pronóstico generales de las tendencias que se vislumbran:

“El mundo de hoy es un mundo de beneficios y amenazas globales, así como de profundas desigualdades en la distribución de la riqueza, los costes ambientales y la apropiación del conocimiento científico.”

“Uno de los desafíos actuales más importantes es conciliar la ciencia y la tecnología orientada hacia la innovación productiva con la preservación de la naturaleza y la satisfacción de necesidades sociales.”

▪ Redacte un breve texto exponiendo sus opiniones a partir de las reflexiones que le suscitaron los párrafos, incluyendo alguna propuesta o relación relativa al papel de la epistemología y de la enseñanza de las ciencias.

---

A partir del siglo XIX y hasta después de mitad del siglo XX se consolidó una confianza ilimitada en la ciencia y la tecnología, atribuida al rápido progreso social visualizado. Pero, como consecuencia de ciertos excesos tecnológicos y científicos, a lo que se suman las promesas incumplidas de la ciencia (como por ejemplo, la eliminación del hambre, la miseria y las enfermedades), el ciudadano asumió ante la ciencia y la tecnología un sentimiento que oscila entre el temor y la desconfianza. Esta situación favoreció el robustecimiento de posiciones anticientíficas y antitecnológicas.

Por otra parte se profundizó la brecha entre los conocimientos científicos y aquellos vinculados con ella (saberes escolares sobre la ciencia y la tecnología y difusión de conocimientos científico–tecnológicos al público en general). La ambivalencia que los ciudadanos mantienen respecto a la ciencia y la tecnología persiste en el presente siglo: por una parte, se admite que ellas nos proporcionan numerosos y positivos beneficios, pero también se reconocen impactos negativos.

Evidentemente, en este interjuego de relaciones entre Ciencia, Tecnología y Sociedad (al que se le suma desde hace unas décadas la dimensión ambiental), obliga a tomar decisiones y a asumir cambios de valores. Por ejemplo, y creo que coincidirá con nosotros, existe un creciente consenso en torno a la preservación del medio ambiente. Esto necesariamente combina conocimientos sobre ciencia y tecnología con actitudes éticas.

El enfoque CTSA apoya la educación de las actitudes éticas en relación con la ciencia, la tecnología y el ambiente como una parte esencial de la comprensión de la ciencia y la tecnología, y de la preparación de los ciudadanos para la toma de decisiones. Por otra parte, este enfoque busca optimizar los recursos y esfuerzos para lograr una ciudadanía responsable y conocedora de los problemas generales de la ciencia y la tecnología. Es decir que busca su alfabetización científico–tecnológica.

El enfoque CTSA en educación, mediante el auspicio de la alfabetización científico–tecnológica, pretende alcanzar algunos de los objetivos que pueden resumirse de la siguiente manera:

- Promover la utilización de la ciencia para mejorar las vidas de los ciudadanos y prepararlos para desenvolverse en un mundo cada vez más tecnocientífico.
- Concientizar a los ciudadanos en el abordaje responsable de cuestiones problemáticas de la tecnociencia relacionadas con la sociedad.

Para conseguir tales objetivos se hace imperativo asumir ciertas decisiones respecto de cómo se concibe la ciencia y sus relaciones con la tecnología, la sociedad y el ambiente:

- En primer lugar, se debe considerar seriamente los enfoques histórico y sociológico de la ciencia y de la tecnología, que dan sentido a las tendencias, cambios, apariciones y desapariciones de teorías, inventos e innovaciones.
- Además, se debe incluir en los análisis de las problemáticas enfoques provenientes de la filosofía de la ciencia y la tecnología.
- Por otra parte, se debe estudiar detenidamente las interacciones entre ciencia, tecnología, sociedad y ambiente.
- Finalmente es importante desarrollar valores, a través de las interacciones CTSA, para temas públicos y políticos, locales o mundiales.

---

#### ACTIVIDAD 1.5.2.

- Compare las opiniones vertidas por usted en la actividad anterior con las propuestas planteadas más arriba. ¿Coinciden, se complementan o se oponen?
  - Analice cada caso.
- 

#### **En síntesis**

Como pudo comprobar, el enfoque CTSA parte del reconocimiento de que la ciencia y la tecnología son construcciones sociales y por ello están cargadas de valores que deben ser discutidos y clarificados dado que afectan a todos los aspectos de la vida social.

Por otra parte, la enseñanza de las ciencias naturales debería estar orientada no sólo a ocuparse de contenidos empíricos y conceptuales de la ciencia, sino también a discutir

sobre las concepciones, los valores y las actitudes que entran en juego en la ciencia y la tecnología.

En este proceso de clarificación del nuevo estatus de la ciencia y la tecnología en relación con la sociedad y el ambiente, resulta muy relevante el análisis epistémico.

## **1.6. El uso de la historia y la filosofía de la ciencia en la enseñanza de las ciencias naturales.**

Muchas veces habrá escuchado que la educación científica de Occidente está sumergida en una crisis. Para aclarar el asunto veamos primero algunos indicadores nacionales e internacionales que nos permitan vislumbrar esa situación:

- Por un lado, se puede ver que están creciendo las posiciones anticientíficas por incremento de la influencia de pseudociencias y cosmovisiones irracionalistas.
- En los EEUU ciertas encuestas señalaban que el 30% de profesores de Biología rechazan la teoría de la evolución y el 20% de ellos creen en fantasmas.
- Además, proliferan los periódicos y revistas que publican horóscopos astrológicos.
- Finalmente debemos considerar como atendibles, los reiterados fracasos masivos de los aspirantes a ingresar a universidades nacionales argentinas.

La situación de crisis resulta paradójica si se tiene en cuenta que la ciencia constituye uno de los más importantes componentes de la cultura occidental

¿Puede la historia y la filosofía de la ciencia (HFC) mejorar la situación de la enseñanza de las ciencias?

Plantaremos algunas razones para incluir HFC en la currícula de ciencias pues consideramos que esto puede revertir el estado actual de la enseñanza de las ciencias. También describiremos los argumentos que presentan los detractores del uso de HFC en la enseñanza de las ciencias.

### **1.6.1. Los defensores**

Veamos en primer lugar los argumentos de los defensores de la incorporación de la HFC a la enseñanza de la ciencia. Ellos dicen que:

- La HFC promueve una mejor comprensión de los conceptos y métodos científicos.
- La HFC permite identificar paralelismos entre conceptos y métodos aplicados en diferentes campos del saber científico, pero con un núcleo común.
- Las aproximaciones históricas permiten conectar el desarrollo del pensamiento individual con el desarrollo de las ideas científicas. Este argumento plantea que el desarrollo cognitivo individual de algún modo refleja el desarrollo cognitivo de la especie.

- La HFC es intrínsecamente valiosa en sí misma y es facilitadora del aprendizaje de las ciencias. Ambos enfoques no son incompatibles.
- Hay episodios de la HFC y la cultura que deberían ser familiares para todos los estudiantes (por ejemplo: Revolución Científica, atomismo, evolucionismo, relatividad, etc.)
- La HFC no ha sido suficientemente valorada; persiste aún la dicotomía cultural planteada por C.P. Snow en su obra *Las dos culturas*.
- La HFC es necesaria para entender la naturaleza de la ciencia.
- La HFC permite debatir acerca de los procesos de producción del conocimiento científico. Esto representa para la enseñanza de la ciencia contar con una dimensión metacognitiva que ayuda a los alumnos a reflexionar sobre sus propios procesos de pensamiento y sobre las dificultades ante el cambio de concepciones.
- La HFC, al examinar la vida y la época de los científicos, humaniza el tema que trata la ciencia, haciéndolo menos abstracto y más interesante para los estudiantes.
- La HFC muestra que los marcos conceptuales que manejan los científicos incluyen ideas “extracientíficas” (religiosas, morales, políticas, metafísicas).
- La HFC permite hacer conexiones entre tópicos y disciplinas de ciencia, así como también con otras disciplinas académicas.
- La HFC muestra la naturaleza integradora e interdependiente de los asuntos humanos.
- La HFC correctamente aplicada, contrarresta el cientificismo y el dogmatismo que suelen presentarse en los textos y clases escolares a causa del empleo de corrientes historiográficas ya casi en desuso.

### **1.6.2. Los objetores juegan en contra**

Como dijimos, la enseñanza de las ciencias también tiene detractores. La inclusión de la HFC en los programas de ciencia es rechazada por dos grupos:

Por un lado están los historiadores que alegan que la Historia que se da en las lecciones de Ciencia es pobre en contenido histórico o está sesgada para responder a la ideología científica predominante.

Por otra parte, hay científicos que opinan que se pierde un tiempo valioso que podría emplearse en el dictado de los contenidos científicos.

Veamos entonces en detalle los argumentos de estos objetores de la incorporación de la HFC:

- En HFC se trabaja con diferentes puntos de vista que en general no atienden a sus posibles aplicaciones en educación.
- Inevitablemente la Historia usada en los cursos de Ciencia será una pseudohistoria en virtud de que está al servicio de la instrucción en ciencias.
- La reconstrucción de los procesos de descubrimiento puede resultar muy complicada porque se necesitan métodos y enfoques, muchos de ellos ya obsoletos. Por lo tanto, no

queda en claro que el empleo de HFC sea superior en resultados a los obtenidos por otros enfoques empleados habitualmente.

- Cuando la HFC se emplea para buscar continuidad histórica en determinados conceptos científicos, se corre el riesgo de atribuirles en la actualidad sentidos que no tenían en el pasado. Se está, por lo tanto, ofreciendo una idea estática de la ciencia, carente de cambios.
- El empleo de la HFC puede dar una visión puramente sociológica de la ciencia, carente de contenidos científicos que conformen un cuerpo coherente de conocimientos y con un exceso de atención puesto en visiones descontextualizadas.
- Es probable que la Historia usada en los cursos de ciencia se constituya en una cuasi-historia que dependerá de las intenciones y limitaciones del docente de ciencia. Una cuasi-historia es el resultado de explicaciones con poco contenido histórico que algunos autores han reescrito conformando una “historia” acomodada paso a paso a la ciencia.

### **En síntesis**

Como usted puede ver, la confrontación es importante. A modo de conclusión de la polémica entre estas dos posturas antagónicas, podemos decir que la incorporación de la dimensión histórica y filosófica dada por la HFC no debe aumentar los contenidos de los programas de ciencias, ya bastante extensos, sino que debe favorecer la selección de aquellos tópicos donde:

- a) existan ideas erróneas;
- b) se presente resistencia al cambio conceptual;
- c) se indague sobre la naturaleza de la ciencia y del conocimiento;
- d) se estudie la evolución de teorías.

---

---

Actividad 1.6.1.

- Ordene en una tabla de dos columnas los argumentos a favor y en contra del empleo de la HFC en la enseñanza de las ciencias, intentando confrontar, a la misma altura, aquellas argumentaciones que aparecen claramente antagónicas.
  - Escriba un breve resumen que sintetice las principales líneas argumentales de cada posición.
- 
- 

## **1.7. Articulación entre epistemología, filosofía e historia en las teorías científicas**

### **1.7.1. Análisis de casos históricos en ciencias naturales**

Hacia 1130 el filósofo bretón Bernardo de Chartres dijo que “somos como enanos a los hombros de gigantes. Podemos ver más, y más lejos que ellos, no por alguna distinción física nuestra, sino porque somos levantados por su gran altura”. Parfraseada innumerables veces, hasta por personajes famosos como sir Isaac Newton, pretende

transmitir la idea de humildad y de reconocimiento hacia las generaciones anteriores, cuyas trayectorias históricas dan sentido a nuestro estado actual.

Si hoy “sabemos más” no es porque esos gigantes fueran tontos, sino porque heredamos su cultura, entre la que se destaca el conocimiento científico, que por supuesto hemos incrementado.

A continuación se expondrá un claro ejemplo de cómo la ignorancia del contexto sociohistórico en que fueron generadas diversas teorías científicas y la tendencia de privilegiar la óptica actual al analizar hechos del pasado, constituyen fuentes de mal interpretaciones de los eventos históricos.

---

#### ACTIVIDAD 1.7.1.

Análisis de un diseño experimental: La nutrición vegetal según Van Helmont.

En la primera mitad del siglo XVII, el médico y alquimista flamenco Jan Baptista Van Helmont (1577–1644) llevó a cabo un experimento mediante el cual intentó descubrir la fuente de los materiales nutritivos para los vegetales.

A. Lea el siguiente texto y responda el cuestionario.

“Tomé una maceta, en la cual coloqué 90,7 kilos de tierra que había sido secada en un horno, la humedecí con agua de lluvia, y sembré en ella el tronco o tallo de un árbol de sauce que pesaba 2,30 kilos. Finalmente, después de 5 años de cuidado, el árbol había crecido y pesaba 76,74 kilos. Cuando era necesario, siempre humedecía la tierra de la maceta con agua de lluvia o agua destilada; la maceta era grande y estaba implantada en la tierra. Para que el polvo en los alrededores no se entremezclara con la tierra, cubrí los bordes de la maceta con una placa de hierro cubierta con plomo y con muchos huecos. No computé el peso de las hojas que cayeron durante cuatro otoños. Al final, sequé de nuevo la tierra que había en la maceta y se encontraron los mismos 90,7 kilos, faltando unos 56,7 gramos. Por lo tanto, 74,5 kilos de madera, corteza y raíces se formaron solamente de agua.”

[Van Helmont, 1648, cit. Baker & Allen, 1970: 161]

- ¿Cuál fue el problema planteado por Van Helmont?
- ¿Cuál pudo haber sido la pregunta a la que el experimento intentaba responder?
- ¿Cómo enunciaría Ud. la hipótesis que posiblemente manejaba Van Helmont para diseñar el experimento?
- ¿Qué variables tuvo en cuenta Van Helmont en su experimento? ¿Cuáles controló? ¿Cuáles no? ¿Por qué?
- ¿Qué instrumento de medición empleó? ¿Fue el adecuado para “verificar” su hipótesis? ¿Por qué? ¿En qué razonamientos se habrá basado Van Helmont?
- Repare en la última oración del texto: ¿se trata de una observación singular, una ley empírica, una hipótesis, una conjetura o una teoría?
- ¿Qué objeciones plantearía un inductivista frente al experimento de Van Helmont? ¿Y un hipotético–deductivista?
- ¿Pudo el agua transmutarse en madera, un elemento “térreo”, según creía Van Helmont y sus contemporáneos? ¿Qué otras hipótesis estaban en juego en el experimento?

B. En el libro de texto *Fisiología vegetal* de R. M. Devlin se comenta respecto al experimento de Van Helmont que:

---

*“Con ello, Van Helmont llegó a la conclusión de que era el agua y no el suelo lo que contribuía al crecimiento de la planta. Sabemos actualmente que estos pocos gramos de sustancias extraídas a partir del suelo tenían una importancia vital y eran, en realidad, esenciales para el crecimiento. También sabemos ahora que el agua no contribuye de manera apreciable a la masa total del sauce. Es una lástima que Van Helmont y sus colegas no fueran un poco más allá de lo obvio en la interpretación de su experimento. Sin duda, de haberlo hecho, el progreso hacia la dilucidación del proceso de la fotosíntesis podía haber sido considerablemente adelantado.”*

---

(Devlin, R. M., 1970: 242)

¿Qué opina acerca del comentario?

¿Podía Van Helmont compartir los puntos de vista de un autor del siglo XX?

¿Cuál era el marco teórico en el que discurría nuestro médico del siglo XVII para llegar a las conclusiones a las que arribó?

¿Eran pertinentes para su época sus hipótesis, su diseño experimental y sus conclusiones?

¿Fue un conocimiento nuevo para su época, o no?

Justifique.

---

### **1.7.2. “A los hombros de gigantes...”, o de cómo interpretar un caso histórico de diseño experimental**

Pasemos a analizar cómo se puede interpretar mediante el estudio de casos históricos la importancia de la filosofía y de la historia de la ciencia en la interpretación epistemológica de teorías científicas. Aún cuando hayan sido postuladas en contextos sociohistóricos diferentes al actual.

En el comentario crítico sobre el experimento de Van Helmont se termina diciendo lapidariamente: “Es una lástima que Van Helmont y sus colegas no fueran un poco más allá de lo obvio en la interpretación de su experimento. Sin duda, de haberlo hecho, el progreso hacia la dilucidación del proceso de la fotosíntesis podía haber sido considerablemente adelantado.”

Para analizar el caso, es oportuno ver primero cuáles fueron las condiciones sociales, históricas, filosóficas y científicas de mediados del siglo XVII.

En lo metodológico: el abordaje experimental del estudio de la naturaleza recién se había iniciado y aún no se habían fijado ciertas normas que garantizaran mínimamente los estándares exigidos. Actualmente, por ejemplo, no se empleaban testigos, y en este caso, además se experimentó sobre un único ejemplar (caso singular) con bajo control de variables. Además, Van Helmont sólo se ocupó de mensurar mediante balanzas el peso de la tierra de la maceta secada en un horno y del árbol al inicio del experimento y al final de éste. Aunque reparó en ello, no contabilizó el peso de las hojas formadas durante los años que duró el experimento.

Ahora, usted coincidirá con nosotros que Van Helmont procedió de un modo, digamos, descuidado, poco prolijo. ¿no le parece?

Sin embargo, si analizamos sus procedimientos teniendo en cuenta el marco teórico, encontraremos justificación a la forma en que actuó.

Van Helmont fue una mezcla de médico místico y alquimista que consideraba errónea la teoría de los cuatro elementos de Empédocles y Aristóteles. Estos argumentos eran sostenidos por la Escolástica que estaba representada en Bélgica por los jesuitas durante la ocupación española a los Países Bajos. La crítica a los cuatro elementos pasaba rechazar al fuego como uno de ellos, porque no era una sustancia sino un instrumento de análisis y cambio. Por otra parte, también refutaba los tres elementos alquímicos de Paracelso. Van Helmont creía que el único elemento primigenio era el agua. Todos los cuerpos –afirmaba– estaban compuesto por una sustancia inerte, el agua, y un principio (*archaeus*) que le confiere las propiedades químicas. También existía el aire, pero como carece de actividad química, no puede transformarse en otra cosa. Finalmente la tierra era producto de la transformación del agua.

Así, las transformaciones ocurren entre la tierra y el agua. Y como conclusión, también la madera, debido a su carácter térreo, provenía de la transformación del agua. O sea que las únicas sustancias a tener en cuenta eran el agua y la tierra (o su equivalente, la madera).

En la forma de cuantificar mediante las determinaciones de las variaciones del peso de los cuerpos, se nota aún la influencia de la física aristotélica, que consideraba que había dos elementos graves (con peso, es decir, que se dirigían hacia el centro de la Tierra en busca de su lugar natural): el agua y la tierra; y dos leves (sin peso, es decir que se iban hacia el cielo): el fuego y el aire. Por lo tanto, las acusaciones de Devlin acerca de que Van Helmont debería haber considerado la importancia de los escasos gramos de tierra que faltaron luego de cinco años, sólo resulta relevante con las actuales teorías de la nutrición autotróficas de los vegetales mediante el proceso de fotosíntesis.

Van Helmont nunca hubiera considerado que el aire, o parte de él, pudiese contribuir a incrementar el peso del árbol. El aire, además de ser químicamente inerte, carecía de peso. Hay que tener en cuenta que recién en 1644, año de la muerte de Van Helmont, Evangelista Torricelli confirma que el aire pesa y que estamos inmersos en un mar de aire, la atmósfera, que ejerce la presión atmosférica sobre cada uno de los cuerpos rodeados por ella.

Por tanto, la crítica al experimento de Van Helmont es injusta y proviene de una interpretación anacrónica de los hechos y historiográficamente sesgada por una manera de construir la historia teniendo en cuenta como hechos relevantes sólo los episodios que justifican el momento actual.

Estas observaciones sirven también para probar la importancia para la correcta interpretación de teorías científicas del estudio de los documentos históricos, sean estos fuentes primarias o secundarias, y aún cuando estén formuladas bajo concepciones epistemológicas diferentes a las actuales.

## Resumen

En el comienzo de esta unidad, se analizó la naturaleza de la epistemología de las ciencias naturales con el propósito de comprender las relaciones entre ciencia, tecnología y sociedad que se establecen durante la construcción de la ciencia y en la práctica científica.

Luego se planteó las diferencias entre leyes naturales y leyes humanas para comprender los conceptos de naturaleza, ley natural. ¿Recuerda aquello de que las leyes naturales –a



diferencia de las leyes humanas– tendrían un carácter descriptivo no ya prescriptivo? Así como también las Ciencias Naturales en su relación con la epistemología. Se buscó distinguir y caracterizar disciplinas, subdisciplinas e interdisciplinas de las ciencias naturales.

Para lograr una mejor comprensión de los problemas epistemológicos originados durante la elaboración del conocimiento de las ciencias naturales se apeló a la concepción de analizar la ciencia natural como constructo social. De ese modo se percibe claramente que el desarrollo las ciencias naturales se encuentra íntimamente ligado a una determinada organización de la sociedad que las concibe y alberga. De esta manera, se logra reconocer las implicancias educativas que emanan de concebir a la ciencia como una construcción social, como también detectar núcleos temáticos disciplinares adecuados para introducir las discusiones epistemológicas en el aula.

El posterior análisis de las relaciones que se establecen entre el enfoque CTSA y la epistemología, en relación con la ciencia y su enseñanza, permiten reconocer las nuevas problemáticas que las aplicaciones tecnocientíficas plantean a la sociedad, como también indagar en las relaciones entre las propuestas de alfabetización científico–tecnológica y las concepciones epistemológicas.

Finalmente, hemos incursionado en el reconocimiento de la importancia del uso de la historia y la filosofía de la ciencia en la enseñanza de las ciencias naturales. Al mismo tiempo hemos analizado argumentos a favor y en contra que nos llevan a reflexionar acerca de las ventajas y las desventajas de la incorporación de tópicos de HFC en los contenidos a enseñar.

Cerrando estos apuntes se mostró la articulación entre epistemología, filosofía e historia en las teorías científicas a través del análisis de un caso histórico como el experimento sobre la nutrición vegetal realizado por Jan Baptista Van Helmont. Esto nos permitió constatar la importancia del estudio de los documentos, para la correcta interpretación de teorías científicas formuladas bajo otras concepciones epistemológicas diferentes a las vigentes.

#### Bibliografía básica

Flichman, E., Miguel, H., Paruelo, J. & Pissinis, G. (eds.) (1999). *Las raíces y los frutos. Temas de filosofía de la ciencia*, Buenos Aires: CCC Editora.

Klimovsky, G. (1994). *Las desventuras del conocimiento científico. Una introducción a la epistemología*. Buenos Aires: AZ Editora.

Miguel, H. & Baringoltz, E. (1998). *Problemas epistemológicos y metodológicos. Una aproximación a los fundamentos de la investigación científica*. Buenos Aires: EUDEBA.

#### Bibliografía consultada

Baker, J. J. W & G. E. Allen. (1970). *Biología e investigación científica*. Bogotá: Fondo Educativo Interamericano.

Bynum, W. F., E. J. Browne & R. Porter. (1986). *Diccionario de historia de la ciencia*, Barcelona: Herder.

Bunge, M. (1985). *Epistemología*, Barcelona: Ariel.

Devlin, R. M. (1970). *Fisiología vegetal*. Barcelona: Omega.

Fourez, G. (1997). *Alfabetización científica y tecnológica. Acerca de las finalidades de la enseñanza de las ciencias*. Buenos Aires: Ediciones Colihue.

Hempel, C. (1981.) *Filosofía de la ciencia natural*. Madrid: Alianza.

Oldroyd, D. (1993). *El arco del conocimiento. Introducción a la historia de la filosofía y metodología de la ciencia*. Barcelona: Crítica.

Real Academia Española. (1970). *Diccionario de la Lengua Española*. Ed. 19ª. Madrid: Espasa-Calpe.

Sociedad Francesada Filosofía. (1953). *Vocabulario técnico y crítico de la Filosofía*. 2 tomos. Buenos Aires: El Ateneo.

---

## **Apunte 2 de EPISTEMOLOGÍA DE LAS CIENCIAS NATURALES**

### **Epistemologías tradicionales**

#### **Objetivos**

Analizar desde una perspectiva sociohistórica el surgimiento de diferentes concepciones epistemológicas.

Comprender los fundamentos y las limitaciones del inductivismo respecto a su caracterización de la ciencia.

Diferenciar entre el inductivismo en sentido estrecho y en sentido débil.

Comprender los fundamentos de la concepción hipotético-deductivista.

Analizar la estructura de la teoría científica.

Comprender los fundamentos del falsacionismo.

Diferenciar entre el inductivismo y el falsacionismo

Aplicar el análisis de las concepciones epistemológicas vistas a casos de teorías de las ciencias naturales.

Detectar núcleos temáticos disciplinares adecuados para introducir las discusiones que involucren el empleo de diferentes concepciones epistemológicas en el aula.

### **Contenidos.**

2.1. Concepciones epistemológicas tradicionales: el inductivismo

2.1.1. El rol del inductivismo en la interpretación de la ciencia

2.1.2. El inductivismo en sentido estrecho

2.1.3. La inducción debilitada

2.2. El método hipotético–deductivo

2.2.1. Anatomía de una hipótesis

2.2.2. ¿Cómo es aceptada o rechazada una hipótesis?

2.2.3. La anatomía de una teoría científica

2.3. El falsacionismo

2.3.1. La falsabilidad como criterio del nivel científico entre hipótesis y como criterio de demarcación entre ciencia y pseudociencia

2.3.2. Algunas críticas al falsacionismo

2.4. Estudios de casos históricos de las ciencias naturales

2.4.1. Las concepciones cosmológicas y sus físicas solidarias

2.4.2. Las concepciones atomísticas de la materia y el desarrollo de los modelos químicos de átomo

2.4.3. Concepciones acerca de la generación de los seres vivos.

Resumen

Evaluación final. Aplicaciones de los casos estudiados en la enseñanza de la ciencia

## **2.1. Corrientes epistemológicas tradicionales: el inductivismo**

### **2.1.1. El rol del inductivismo en la interpretación de la ciencia.**

Como usted seguramente sabe, hay varias maneras de interpretar qué es la ciencia, de cómo obtiene sus conocimientos y también de cómo éstos son validados. Ahora bien, estos conocimientos científicos ¿son acumulativos? Es decir, ¿la ciencia progresa? La reflexión epistemológica intenta dar respuesta a estas y otras cuestiones. Así, las diversas corrientes epistemológicas o epistemologías analizan los métodos empleados por los científicos para plantear sus problemas y de qué forma los resuelven, los modifican o los abandonan.

Desde el siglo XIX, los “hombres de ciencia” comenzaron a preocuparse y reflexionar acerca del quehacer científico que los tenía como protagonistas.

El primer enfoque epistemológico que surgió históricamente fue el *inductivismo*.

Los inductivistas sostenían que las leyes científicas se obtenían por inducción; es decir, que debían partir de un gran número de datos observados. Esta corriente prevaleció hasta casi mediados del siglo XX. A partir de entonces cobraron importancia otras concepciones

epistemológicas que fueron matizando la controversia metacientífica y que iremos desarrollando en este y las próximas unidades.

Revisemos nuevamente cómo interpretaba la manera de realizar la investigación científica el economista A. B. Wolfe en las primeras décadas del siglo XX:

---

*“Si intentamos imaginar cómo utilizaría el método científico... una mente de poder y alcance sobrehumanos, pero normal en lo que se refiere a los procesos lógicos de su pensamiento, el proceso sería el siguiente:*

*En primer lugar, se observarían y registrarían todos los hechos, sin seleccionarlos ni hacer conjeturas a priori acerca de su relevancia.*

*En segundo lugar, se analizarían, compararían y clasificarían esos hechos observados y registrados, sin más hipótesis ni postulados que los que necesariamente supone la lógica del pensamiento.*

*En tercer lugar, a partir de este análisis de los hechos se harían generalizaciones inductivas referentes a las relaciones, clasificatorias o causales, entre ellos.*

*En cuarto lugar, las investigaciones subsiguientes serían deductivas tanto como inductivas, haciéndose inferencias a partir de generalizaciones previamente establecidas.” (Wolfe, 1924, cit. Hempel, (1966) 1973: 27).*

---

#### Actividad 2.1.

Lea el texto anterior y responda:

- a) ¿Cuántos y cuáles estadios reconoce el autor en una investigación científica?
- b) ¿Qué relación debería regir según el texto en los dos primeros estadios entre, por un lado, la forma en que son observados y organizados los hechos y, por el otro, las conjeturas e hipótesis generadas en torno a esos hechos?
- c) ¿Qué papel juega la inducción en los siguientes estadios? ¿Y la deducción?

Esta postura científica fue y es compartida en buena medida por el gran público. Tal vez usted la reconozca e incluso adhiera a ella.

Esto viene del hecho de que fue una idea muy difundida, pero, lamento decirlo, falsa. Sostener que la ciencia avanza por la acumulación de los hechos obtenidos por medio de la *observación* y de la *observación controlada* o *experimentación* y que a partir de esa masa de hechos coleccionados se generarían por inducción las teorías científicas, es erróneo. La equivocación proviene de considerar que la ciencia es, principalmente, de naturaleza inductiva.

Un pionero en sostener tal aseveración fue **Francis Bacon\***, uno de los propulsores de la denominada revolución científica del siglo XVII que dio nacimiento a la ciencia moderna. Ya en el siglo XIX, el inductivismo fue considerado el canon de la actividad científica, siendo su más acérrimo defensor, **John Stuart Mill\***.

**Francis Bacon** (1561–1626) Filósofo, abogado y político inglés. Se desempeñó en el Parlamento. Su carrera política lo llevó a alcanzar el cargo de Lord Gran Canciller. Publicó numerosas obras entre las que se destacan *Novum Organon* (1620), tratado que expone el método inductivo como método de la ciencia y *Instauratio Magna*, obra filosófica inconclusa en la que propuso una nueva clasificación de las ciencias. Bacon influyó sobre la ciencia moderna por su crítica a las especulaciones metafísicas de los filósofos escolásticos medievales.

**John Stuart Mill** (1806–1873). Economista y filósofo inglés. Desarrolló una ciencia de la naturaleza humana de corte positivista. Basada en el progreso del género humano, esa ciencia permitiría anticipar la conducta de la persona (psicología), sentaría las bases para las leyes del comportamiento individual (etología) y colectivo (sociología). La validez de estas investigaciones se apoyaría en procedimientos lógicos de inducción, que parten de la observación de los hechos y alcanzan su aplicación universal con ayuda del principio de uniformidad de la naturaleza.

El inductivismo fue propuesto por Bacon y Mill como el método científico que garantiza la *objetividad* al eliminar los preconceptos subjetivos del investigador. De esta manera, se podría alcanzar el *conocimiento empírico*, evitando el conocimiento abstracto o metafísico. En su forma más extrema e ingenua, el inductivismo sostiene que el científico debe observar todos los hechos que ocurren durante el proceso de su investigación, tanto sea observacional como experimental. Este registro de datos debe ser total y colectado sin seguir criterios preconcebidos que privilegien qué observar o qué valorizar de esos datos. Posteriormente, al aplicar la inferencia inductiva sobre los hechos colectados, debían surgir claramente verdades de carácter universal. Por ejemplo, para llegar a la ley empírica “todos los metales se dilatan al calentarlos”, habría que calentar en todas las condiciones experimentales posibles a todos los trozos existentes de todos los metales diferentes. Como puede verse, es una tarea ímproba. Además, por desgracia, tampoco garantizaría que el siguiente trozo metálico, al ser calentado, no se constituyera en la excepción de la ley empírica, y, por ende, la desacreditara. Advertida que lo declamado por una ley empírica debe atender a un número infinito (o prácticamente infinito) de casos y que sólo menciona entidades observables.

### ¿Qué entendemos por “observable” y “no observable”?

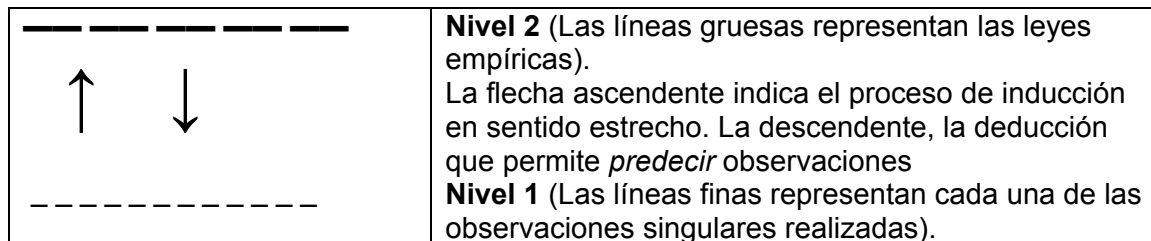
En principio, podemos aceptar que **observable** es aquello que percibimos por medio de los sentidos. Por ejemplo, los *objetos* físicos (un perro, una piedra, etc.) y sus *propiedades* (color, olor, dureza, rugosidad, etc.). Sin embargo, el filósofo **Rudolf Carnap\*** ha preferido incluir además de las mencionadas propiedades, las *magnitudes*: el peso o la longitud son mensurables siguiendo procedimientos sencillos y directos.

Las entidades **no observables** o **teóricas** son aquellas a las que apelamos en las explicaciones científicas al formular hipótesis o teorías y que no cumplen con los requisitos antes mencionados. Sin embargo la demarcación entre ambas categorías no resulta siempre tan clara y, más aún, ese límite puede modificarse con el tiempo. Así por ejemplo, hasta el siglo XIX se pensaba que el Sistema Solar estaba integrado por siete planetas (de Mercurio hasta Urano), pero debido a la falta de coincidencia entre los datos astronómicos de la órbita planetaria de Urano y la calculada de acuerdo con la física newtoniana, se postuló la existencia de un octavo planeta transuránico. Este planeta no pudo ser observado hasta que el 23 de septiembre de 1846, cuando el astrónomo francés Urbain Le Verrier, desde el observatorio astronómico de Berlín, informó de un planeta muy cercano a la ubicación celeste advertida para el hipotético planeta transuránico. ¡Había nacido Neptuno! El mérito de Le Verrier es actualmente compartido por el entonces joven matemático y astrónomo británico John Couch Adams, quien once meses antes que Le Verrier había informado, a partir de sus cálculos, acerca de la posición de ese planeta. Lamentablemente, en ese momento los consideraron erróneos.

**Rudolf Carnap** (1891–1970) Filósofo neopositivista alemán. Su obra influyó sobre el desarrollo del empirismo lógico contemporáneo, como también sobre la lógica matemática, la teoría de probabilidades, la filosofía de la ciencia y el análisis del lenguaje.

### 2.1.2. El inductivismo en sentido estrecho

La caracterización del inductivismo que hemos presentado hasta aquí corresponde al llamado inductivismo en sentido estrecho. Según esta corriente las observaciones singulares llevan, por generalización, a leyes y teorías. Pero eso no es todo, sino que exige que las observaciones se repitan en una amplia gama de condiciones. Finalmente sostiene que basta una observación que contradiga lo afirmado por la ley, para que la generalización se torne inválida. De este modo el conocimiento científico es construido a través de la inducción sobre la base de observaciones puras; es decir, sin contaminación de ideas preconcebidas. Podemos esquematizar el concepto de **inductivismo en sentido estrecho** en el grafico:



El intento por explicar el proceso real de la ciencia del inductivismo en sentido estrecho genera algunos problemas:

- I. La historia y la sociología de la ciencia indican que ningún científico ha procedido o procede en su actividad sin haber contado previamente con un proyecto orientador ideado según las características del fenómeno a estudiar. Para optimizar el empleo de su tiempo y sus recursos, los científicos trazan estrategias en torno a qué y cómo buscar en la maraña de fenómenos naturales, cada uno de ellos conformados por innumerables potenciales hechos a registrar. Si un científico decidiera trabajar según prescribe la versión extrema del inductivismo y se dedicara, por ejemplo, a estudiar la anatomía del sistema digestivo de la hormiga, procedería a capturar y disecar una por una las hormigas del primer hormiguero que encontrara y así sucesivamente con los restantes hormigueros, con lo que pronto, sus antiguos colegas lo considerarían un “exterminador de plagas” más que un formicólogo (entomólogo especializado en hormigas).
- II. El inductivismo nunca puede llegar a enunciar verdades universales por medio del relevamiento exhaustivo y sistemático de los datos que generan las afirmaciones singulares. El pasaje de innumerables afirmaciones singulares a una afirmación de tipo universal implica un aumento del contenido lógico. Es decir, que la afirmación universal debe contener más que la suma de las afirmaciones singulares. Pero, ¿cuál es el número de casos singulares que se debe investigar para inducir de ellos una afirmación universal? ¿Cuántos tordos se deben ver para decir “todos los tordos son negros”? Con el inconveniente sin solución que puede generar que el próximo tordo a observar sea blanco.
- III. Una de las características que presentan las hipótesis y teorías científicas es que están compuestas –además de términos observacionales, empíricos–, de términos abstractos, no observacionales o teóricos. Evidentemente, estos últimos no figuran entre los datos coleccionados ni forman parte de las descripciones de los hechos, únicos sucesos –por ser de naturaleza empírica– que debería

considerar el científico inductivista. Cuando William Harvey publicó en 1628 su obra *De motu cordis*, donde se postulaba la circulación doble y cerrada de la sangre, tuvo que considerar la existencia hipotética de la conexión entre venas y arterias por medio de *vasos capilares*, muy delgados e imposible de distinguir a ojo desnudo. En esa época los capilares propuestos eran términos no observables y recién fueron identificados a través del microscopio por Marcello Malpighi medio siglo más tarde. Las mejores y más fructíferas hipótesis no suelen ser simples generalizaciones de hechos empíricos, sino que son creaciones de la mente que sugieren entidades no observables.

- IV. Las observaciones puras –las recibidas a través de nuestros sentidos–, podrían ser cuestionadas en su presunta “pureza”. Si se pide a dos observadores que busquen en una pared vieja, con su pintura descascarada y huellas de humedad, figuras ocultas, los resultados pueden ser sorprendentes. Es posible que lleguen a reconocer rostros, figuras de animales o humanas, pero no las mismas. ¿De dónde surgieron esos patrones? Seguramente de la experiencia visual de cada observador puesta en juego cuando observa y analiza un objeto. Estos resultados divergentes se deben a las diferencias en las expectativas y los conocimientos previos de cada observador; es decir, de las *hipótesis subyacentes* que guían la observación.

**En síntesis:** el inductivismo es un método que no puede asegurar la objetividad y tampoco evita los prejuicios. Evidentemente, no constituye una vía para alcanzar verdades universales. Carece de las propiedades de una buena descripción sobre la forma en que los científicos formulan sus hipótesis y teorías. Y por último, debido a las hipótesis subyacentes a la observación, debemos reconocer que la observación carece de neutralidad y asume una carga teórica. Según el inductivismo en sentido estrecho deberíamos llegar a las leyes partiendo de observaciones puras singulares, pero sucede que ambas aparecen simultáneamente: *no hay hipótesis (ni leyes) sin observaciones, pero tampoco observaciones sin hipótesis subyacentes.*

-----

Pero entonces, ¿cuál es el rol que tiene el inductivismo en sentido estrecho respecto a la interpretación acerca de la investigación científica? Evidentemente tiene el mérito histórico de haber sido una de las primeras reflexiones metacientíficas acerca de la naturaleza de la ciencia.

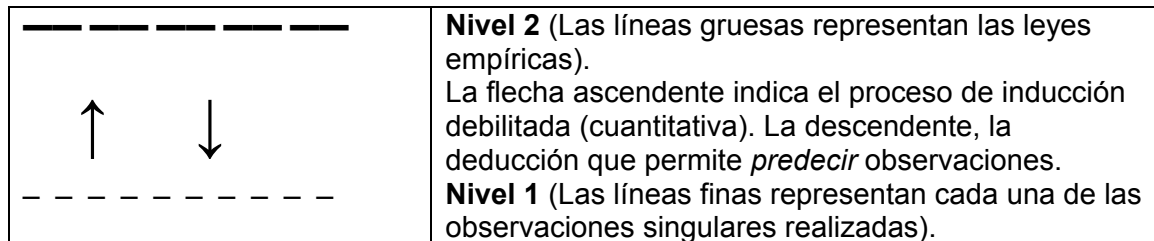
#### Actividad 2.2.

Retorne a la lectura del texto de Wolfe atendiendo a las consideraciones críticas que hemos desarrollado. Por favor, reflexione acerca de la inconveniencia de sostener esa concepción de ciencia cuando se debe impartir enseñanza de las ciencias. ¿Cree que el adherir al inductivismo en sentido estrecho puede influir sobre la construcción de conceptos científicos en los alumnos?
--

A esta altura hemos alcanzado parcialmente ambos objetivos trazados para esta sección. ¿Está de acuerdo?

### 2.1.3. La inducción debilitada

Si se admite la ampliación realizada por Rudolf Carnap quien propone incluir a las magnitudes como observables, podemos aplicar la inducción en un sentido más débil que el propuesto anteriormente.



Supongamos que mediante reiteradas observaciones un microbiólogo encuentra que hay una relación entre el crecimiento de un cultivo de bacterias y la temperatura, de manera tal que permite identificar la temperatura óptima de mejor crecimiento bacteriano. Para obtener una ley empírica este científico lleva a cabo un protocolo experimental en el que al tercer día de comenzar el experimento mide el número y tamaño promedio de las colonias de bacterias inoculadas. Se parte de una misma cepa que se desarrollan en idénticos medios de cultivo sólido en cajas de Petri, pero cultivadas a cuatro temperaturas distintas. Así, se obtienen los siguientes valores:

Temperatura del cultivo (°C)	N° de colonias de bacterias contadas	Superficie promedio de las colonias (mm <sup>2</sup> )	Sup. estimada cubierta por las colonias (en mm <sup>2</sup> )
15	30	4	120
20	50	6	300
25	60	8	480
30	25	5	125

Con la primera y última columnas, el investigador grafica: **Superficie estimada vs. T** en un par de ejes cartesianos ortogonales. Obtiene de esta manera, cuatro puntos indicados por cuadratines a los que une de a dos consecutivos por medio de una línea (Gráfico 1).



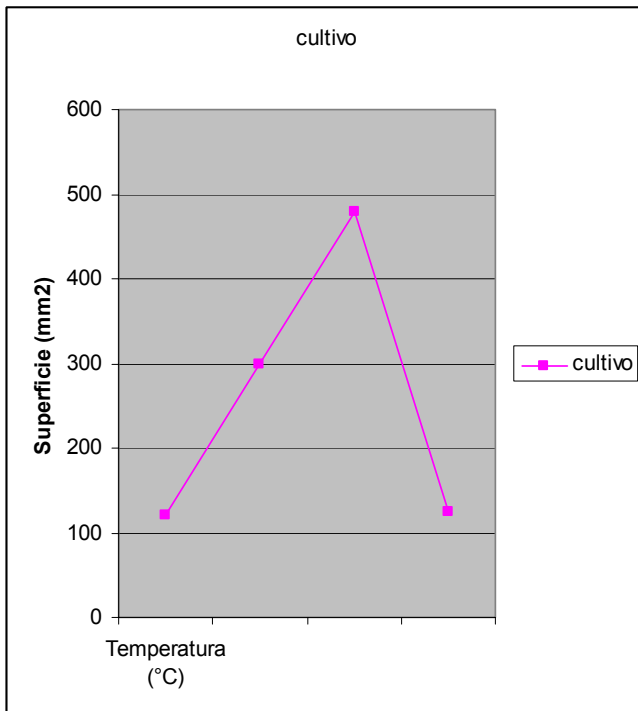


Gráfico 1

Así, el científico ha obtenido por inducción la forma matemática o cuantitativa de la ley empírica. Esta ley fue conjeturada cualitativamente de manera no inductiva previamente. De este modo, coexisten la conjetura del investigador con la inducción en su forma debilitada (cuantitativa).

Pero queda pendiente analizar una cuestión. ¿Por qué el investigador unió de ese modo los puntos que indican los datos recogidos, asumiendo que entre dos temperaturas los valores de superficie cubierta mostrarán una correlación positiva hasta alcanzar el valor máximo y luego una correlación negativa entre variables? ¿Acaso no podría ser de otro modo y aumentar y disminuir a lo largo del gradiente de temperatura, como se ilustra en el siguiente gráfico (Gráfico 2)?

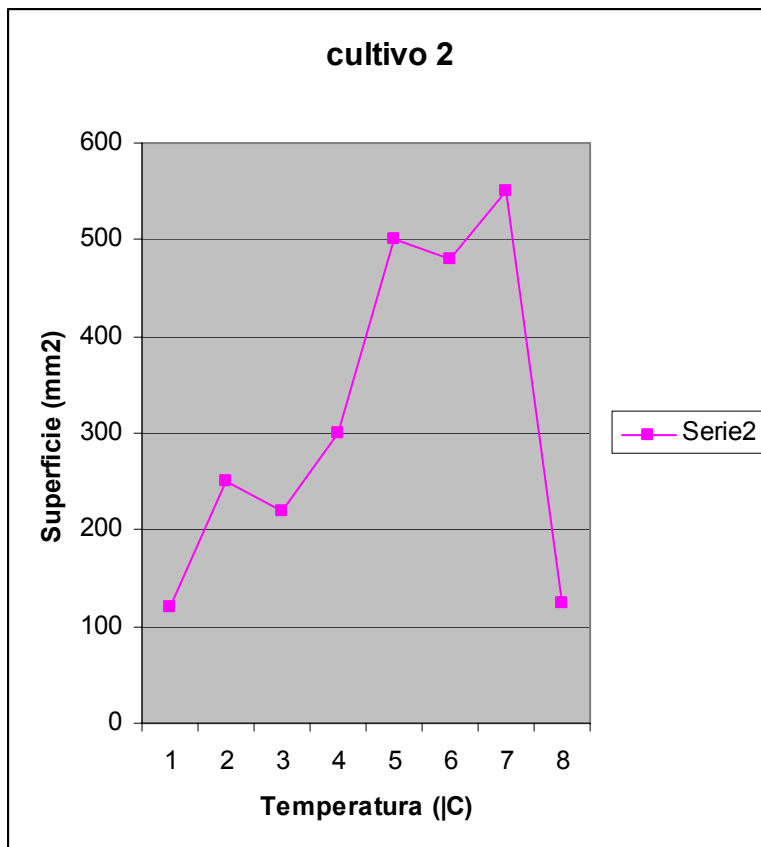


Gráfico 2

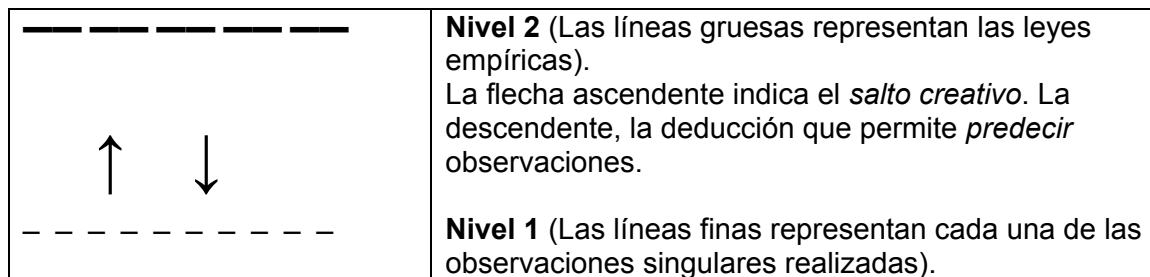
¿Cuál es la línea o curva que debe elegir el científico como la que mejor describe el crecimiento óptimo de sus colonias de bacterias entre las tantas posibles formas de unir los cuatro iniciales? ¿Debe seguir obteniendo valores intermedios? ¿Hasta cuándo?

En realidad el investigador no ha determinado la curva por inducción sino que ha seleccionado una de las tantas posibles mediante una conjetura avalada por su experiencia previa, sus conocimientos e incluso su intuición. Esta conjetura no ha sido creada en forma aislada, sino que está inmersa en una compleja red de leyes interconectadas y, por lo tanto, esta conjetura debe guardar coherencia con la estructura de la red a la cual pertenece. Es apoyada por otras leyes y a su vez, apoyará a nuevas conjeturas propuestas.

**En síntesis:**

La ley conjeturada deberá explicar lo ya observado. También deberá correlacionarse con otras leyes e hipótesis que conforman una red de interacciones. Por último, deberá predecir observaciones aún no efectuadas, pero que cuando se realicen, si concuerdan con la ley, le darán a ésta mayor apoyo empírico o confirmatorio.

Entonces, ¿cómo se generan las leyes empíricas? ¿Por inducción, como lo establece el inductivismo en sus versiones fuerte y débil? Hemos visto que hay varias objeciones sobre esta explicación. En realidad, las leyes empíricas se conjeturan mediante un *salto creativo* que produce el científico para luego intentar corroborarlas empíricamente.



Ya hemos alcanzado ambos objetivos trazados para esta sección. ¿Está de acuerdo? Ahora pasemos a la próxima sección.

## 2.2. El método hipotético–deductivo

La aplicación del método hipotético–deductivo es de larga data. Si bien no se extendió como el inductivismo, tuvo muy célebres cultores en el siglo XVII como por ejemplo Blaise Pascal e Isaac Newton. Ya en el siglo XIX se identifican con este método **Claude Bernard\***, Louis Pasteur, Gregor Mendel y Charles Darwin, entre otros.

El análisis metacientífico de este método encontró su desarrollo entre William Whewell y William Stanley Jevons y Charles S. Peirce.

**Claude Bernard** (1813–1878). Médico y fisiólogo francés que dejó sentadas las bases de la medicina experimental en sus trabajos sobre las funciones del páncreas y del hígado y las regulaciones de la presión sanguínea por los nervios vasomotores.

El médico francés Claude Bernard, uno de sus destacados cultores, es autor de una obra que determinó la orientación metodológica de la medicina a partir de la segunda mitad del siglo XIX. Dice el especialista francés en su *Introducción al estudio de la medicina experimental*, publicado en 1865:

---

*“Yo supongo, por ejemplo, lo que ocurre con frecuencia: que alguna enfermedad endémica aparece en una región y se presenta ante la observación del médico. Ésta es una observación espontánea o pasiva que el médico hace por casualidad sin que le lleve a ello ninguna idea preconcebida. Pero después de observar el primer caso, si el médico tiene una idea de que la aparición de esta enfermedad puede estar relacionada con ciertas condiciones especiales meteorológicas o higiénicas, hace un viaje a la región donde impera la misma enfermedad, para ver si se desarrolla en las mismas condiciones. Esta segunda observación, hecha en razón de una idea preconcebida de la naturaleza y la causa de la enfermedades, es lo que tenemos que llamar obviamente una observación inducida o activa. Yo diría lo mismo del astrónomo que, al observar el cielo, descubre por casualidad el planeta que pasa por delante de su telescopio; en este caso hace una observación fortuita o pasiva; a saber, sin una idea preconcebida. Pero si el astrónomo, después de notar las desviaciones de un planeta, pasa a hacer observaciones, a buscar la razón de ellas, entonces diría que hace observaciones activas, a saber, observaciones producto de la idea preconcebida de la causa de la desviación. Podemos multiplicar los ejemplos de esta clase ad infinitum, para probar que, al advertir los fenómenos naturales que se presentan espontáneamente, la mente es ya pasiva, ya activa; lo que significa, en otra palabras, que*

las observaciones se hacen, primero sin una idea preconcebida y por azar y luego con una idea preconcebida, a saber, con la intención de verificar la precisión de una concepción mental.” (Bernard, (1865) 1959: 33).

---

### Actividad 2.3.

Lea atentamente el texto de Bernard y responda:

- a) ¿A qué disciplina aplica Bernard el análisis del método científico? ¿Cree usted que busca deliberadamente ilustrar mediante áreas científicas muy distantes? ¿A qué se puede atribuir tal intencionalidad?
- b) ¿Qué papel desempeñan en el proceso de investigación las observaciones activa y pasiva?
- c) ¿Cómo juega en la investigación científica la presencia o ausencia de ideas preconcebidas?

Se pueden reconocer dos momentos o etapas interdependientes en la actividad científica: uno creativo y otro crítico. El pergeñar una idea científica –plantear una hipótesis–, constituye un verdadero acto mental creativo que pone al científico y al artista a la par. Pero los productos de la mente del científico, sus conjeturas e hipótesis deben ser revisados críticamente y contrastados empíricamente.

A este primer proceso de invención o descubrimiento –donde hay como resultado una *adquisición de conocimiento* (contexto de descubrimiento)–, le sigue otro en el que el conocimiento adquirido debe ser validado o confirmado –*justificación del conocimiento* (contexto de justificación)–.

Los caminos para adquirir conocimiento son muy variados: charlas con colegas; asistencia a congresos, foros, ateneos, seminarios; trabajo de campo y de laboratorio; visitas a bibliotecas, hemerotecas, colecciones; las interacciones con otras áreas de la cultura, distintas de la científica, como por ejemplo el arte, la tecnología, etc. Todo puede ser fuente de inspiración para la “mente preparada”, parafraseando a Louis Pasteur.}

Es decir, que las hipótesis están al comienzo de la investigación científica y guían la observación y la experimentación indicando qué es lo que debe ser observado o convertido en experimento. El trabajo empírico es guiado por las hipótesis, pero las nuevas observaciones pueden ser, a su vez, detonante de propuesta que conduzcan a nuevas hipótesis; o pueden servir para modificar las viejas hipótesis.

#### 2.2.1. Anatomía de una hipótesis

¿Cómo se sabe si se cuenta con una buena hipótesis? ¿Cualquier enunciado es una hipótesis científica? ¿Qué diferencia una hipótesis científica de otra que no lo es?

Si existiera algo así como un “banco de pruebas”, al que las hipótesis deberían someterse para probar sus bondades y confirmar, o no, su “cientificidad”, éstos serían los “controles” que deberán pasar.

- I. La hipótesis debe presentar *consistencia interna*; es decir que sus partes no debe contradecirse entre sí, ni mostrar fallas en su estructura lógica. De lo contrario, la hipótesis (o también, teoría) debe ser rechazada.

- II. Al examinar la estructura lógica de la hipótesis, además de las fallas técnicas indicadas en I), se debe averiguar si tiene *valor explicativo* respecto al fenómeno que intenta abordar; por otro lado, si ayuda a dilucidar el porqué de la ocurrencia de determinado fenómeno. Deben eliminarse aquellas hipótesis que constituyan tautologías. Se entiende por tautología, en un sentido vulgar, a la afirmación que repite la misma cosa dos veces (“los patos son patos”). En lógica, una tautología es una proposición que no dice nada que no se sepa (“todo A es A” o “si P entonces P”). Como consecuencia, debemos descartar enunciados que no expliquen o agreguen sentido o conocimiento. Por ejemplo: “El movimiento de los planetas en torno al Sol es consecuencia de las acciones gravitatorias” parece ser una mejor hipótesis que otra que dijera: “El movimiento de los planetas en torno al Sol se debe a que éstos describen órbitas alrededor del astro”.
- III. La hipótesis debe presentar *consistencia externa*; es decir, que ella no debe contradecirse con otras hipótesis y teorías ya consensuadas en el campo disciplinar en el que se desenvuelve la hipótesis. La mayoría de las veces, una hipótesis que no muestra consistencia con las teorías aceptadas es descartada. Sin embargo, algunas hipótesis han provocado avances notables en el conocimiento científico. Por ejemplo, con el desarrollo de la Biología molecular se estableció el mal denominado “dogma central de la Biología”, que prohíbe el flujo bidireccional de la información genética. Por lo tanto, ésta debe fluir en un solo sentido: del ADN al ARN y del ARN a la proteína. Sin embargo, descubiertos ciertos virus que sólo contenían ARN, se postuló que el flujo de información podía revertirse. Y efectivamente, eso le valió el premio Nobel de Fisiología y Medicina de 1975 a David Baltimore, Renato Dulbecco y Howard Temin por haber descubierto que debido a la presencia de una enzima, la retrotranscriptasa, la información viral del ARN podía pasar al ADN de la célula huésped.
- IV. La cuarta y última prueba a la que debe ser sometida una hipótesis es, posiblemente, la más importante. Ella consiste en probar empíricamente a través de la comparación de los hechos con las *consecuencias observacionales* que se deducen de la hipótesis puesta a prueba. De esa comparación entre hechos empíricos y consecuencias observacionales se decide si la hipótesis es aceptada (corroborada) o si es rechazada (refutada). El grado de “cientificidad” de una hipótesis, aunque parezca contradictorio, radica en la posibilidad de que sea refutable. Es decir, que la hipótesis pueda ser expuesta a comprobación.

**Si una hipótesis no puede ser expuesta a ser refutada empíricamente y, además, permanece indemne bajo todas las condiciones posibles, significa que no es científica.**

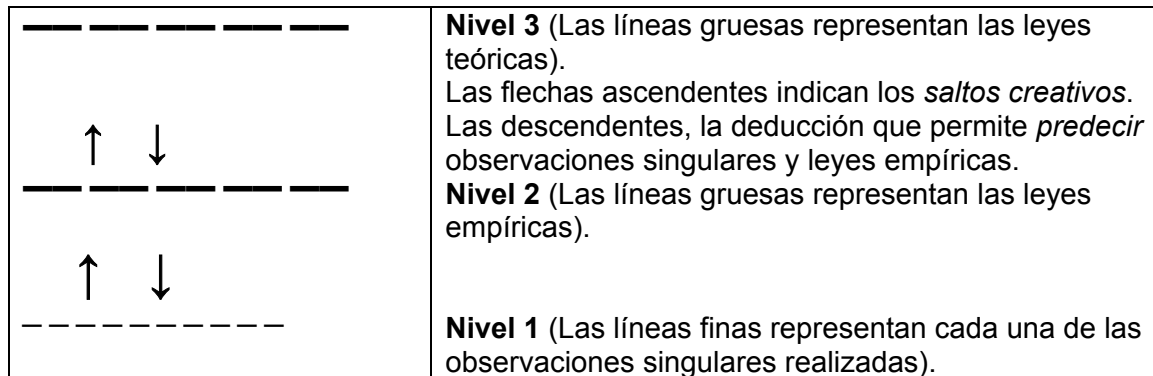
Si la hipótesis explica todas las cosas, en realidad no explica nada. El requerimiento de que una hipótesis científica deba ser refutable –y no simplemente verificable–, constituye el *criterio de demarcación* que separa las ciencias empíricas de otros tipos de conocimiento.

La concepción hipotético–deductivista de la ciencia viene a resolver una inconsistencia que ya hemos planteado al analizar la concepción inductivista de la ciencia. Esta última reconoce sólo dos niveles de grados de conocimiento científico: el nivel 1, de las observaciones singulares, y el nivel 2, de las leyes empíricas. Pero hemos visto que los científicos han necesitado introducir en sus explicaciones conjeturales, términos teóricos, no empíricos (como por ejemplo, los vasos capilares en la teoría de la circulación sanguínea de Harvey). Esas entidades deberían ser descartadas por especulativas según el inductivismo en sentido estrecho. Sin embargo hemos de reconocer que las leyes científicas pueden ser

agrupadas en tres categorías según contengan o no términos observacionales y teóricos. Así tenemos:

- a) leyes empíricas (contienen sólo términos empíricos);
- b) leyes teóricas (contienen sólo términos teóricos);
- c) leyes mixtas (contienen términos teóricos y empíricos).

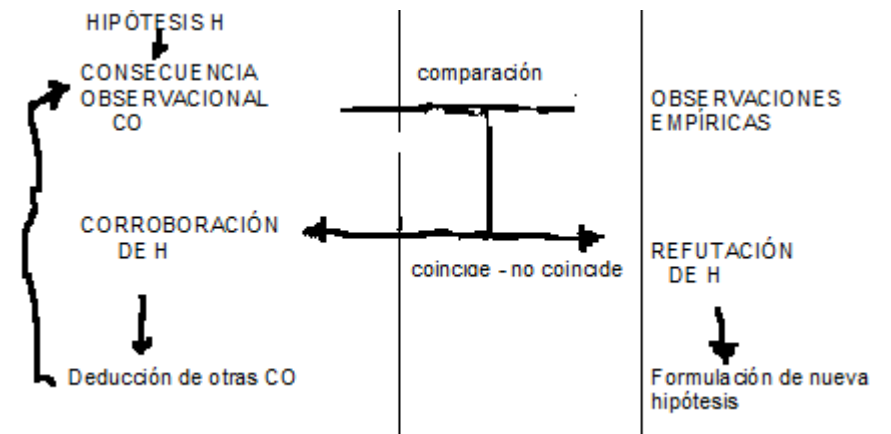
Esta situación nos conduce a plantear un nuevo esquema para ilustrar la formación de hipótesis según la concepción hipotético-deductivista:



### 2.3.2. ¿Cómo es aceptada o rechazada una hipótesis?

Analicemos ahora el papel del proceso de deducción, que es aplicable tanto al inductivismo como al método hipotético-deductivo. En ambos casos se deducen consecuencias que al no ser aún conocidas, pueden asumir el carácter de predicciones. Estas consecuencias deben ser planteadas en términos empíricos para que puedan ser comparadas con las observaciones singulares (en ambos casos) o con leyes empíricas (sólo para el hipotético-deductivismo). De esta manera se puede decidir si son aceptadas o rechazadas las hipótesis de las que se dedujeron las consecuencias observacionales.

Un posible esquema del circuito de aceptación o rechazo de una hipótesis podría ser el siguiente:



(Tomado y modificado de Flichman et al, 1999)

#### Actividad 2.4.

Redacte una breve descripción del circuito de aceptación o rechazo de una hipótesis basándose en el esquema anterior.

### 2.2.3. La anatomía de una teoría científica

Cuando una hipótesis está bien establecida o fundamentada, los científicos suelen referirse a ella como teoría o modelo. Por ejemplo, se refieren a la teoría de tectónica de placas, o la teoría de la evolución, o la teoría corpuscular de la materia, sin poner en duda que el conocimiento que encierran está corroborado. Entonces, para los científicos, teoría es un cuerpo de conocimiento, un grupo de explicaciones y principios relacionados entre sí, y los hechos que los sostienen.

Bien distinto es su uso en el lenguaje popular donde conlleva un aspecto de imperfección, una explicación poco fundamentada. Esta situación ha sido aprovechada por algunos personajes públicos para denigrar una teoría científica que no comparten por sus implicaciones sociales, culturales o religiosas. Por eso, en el lenguaje popular se suele decir “sólo es una teoría” para sostener la idea de algo no probado, solo hipotético. En algunos países, como Estados Unidos por ejemplo, algunos políticos han usado estos argumentos respecto de la teoría de la evolución biológica para congraciarse con un sector del electorado de convicciones contrarias.

Otro aspecto a considerar es que, salvo las teorías que ya han sido abandonadas a lo largo de la historia, las teorías en vigencia mantienen una dinámica que hace que el *corpus* de conocimientos, sus hipótesis y los principios se vayan modificando permanentemente a la luz de nuevos hallazgos empíricos, la refutación de algunas hipótesis y la incorporación de nuevas hipótesis (hipótesis *ad hoc*) que contribuyen a mejorar el desempeño de la teoría en su conjunto.

Veamos entonces cómo se relacionan estos elementos de una teoría. En principio, podemos reconocer un sistema integrado por dos regiones: entidades empíricas y entidades teóricas.

- a) En las entidades empíricas encontramos, a su vez, *afirmaciones empíricas singulares* (enunciados de observaciones y consecuencias observacionales) y *afirmaciones empíricas generales* (leyes empíricas).
- b) En la otra región de las entidades teóricas, aparecen: *afirmaciones teóricas generales* (leyes teóricas), que al vincularse generan: los *principios internos* (leyes

teóricas puras). Estos principios, cabe señalar, no guardan ninguna relación con los observables.

- c) Al relacionar estas dos regiones, es decir, los términos teóricos con los empíricos, aparecen los *principios puente*, constituidos por afirmaciones teórico-empíricas generales (leyes mixtas).

En realidad una teoría científica no existe aislada, sino, como ya hemos mencionado, se encuentra inmersa y formando parte de una red de teorías que se apoyan y explican mutuamente. De manera que sin pertenecer propiamente a la teoría, ciertas hipótesis auxiliares -provenientes de teorías afines- contribuyen a explicar y fundamentar ciertas afirmaciones y usos de conceptos.

Por ejemplo, la teoría neuronista planteada por Santiago Ramón y Cajal sostiene que la unidad funcional y anatómica del sistema nervioso es la neurona o célula neuronal. Esta teoría desplazó a anteriores teorías reticularistas, que interpretaban que existía continuidad anatómica en todo el tejido nervioso. De esta manera, Cajal, además de la teoría celular y diversas teorías histológicas, hizo uso de diversas hipótesis auxiliares provenientes de la Química que fundamentaban sus técnicas de tinciones histológicas. Estas técnicas le permitieron demostrar que las neuronas, si bien en contacto, mantenían su individualidad, y que las sinapsis no eran fusiones de células sino aproximaciones de las membranas celulares de dos neuronas vecinas. De igual modo podríamos considerar que ciertas teorías físicas como la de la óptica, fundamentando la microscopía o diversas teorías sobre la electricidad y la electroquímica, contribuyeron a sostener la teoría de Cajal.

Los procedimientos seguidos para corroborar o refutar una teoría son los mismos que los ya visto para el caso de una hipótesis aislada. Pero con la ampliación que da incluir nuevos términos como los presentados (principio interno, principio puente, hipótesis auxiliares, hipótesis *ad hoc*, etc.), de modo tal que si trazamos un nuevo esquema, podría ser como el siguiente:

#### Actividad 2.5.

- |  |
|--|
| <p>a) Redacte una breve descripción de la estructura y del funcionamiento de una teoría basándose en el esquema anterior.</p> <p>b) Compare el texto elaborado con el desarrollado en la actividad 2.4. ¿Aumentó su comprensión sobre el tema?</p> |
|--|

*Con los elementos desarrollados consideramos que se ha logrado acceder a los objetivos planteados para esta sección.*

### 2.3. El falsacionismo

A partir de la asimetría encontrada entre la verificación y la refutación de hipótesis, **Karl Popper\*** propuso una metodología de trabajo que rechazaba al inductivismo en sus dos versiones. Popper aseguraba que era imposible verificar una ley ni confirmarla ni asignarle algún grado de probabilidad.

Según Popper lo que sí se puede lograr es demostrar que una hipótesis o una ley es falsa; es decir es posible refutarlas. Por lo tanto contrastar una ley o hipótesis es tratar de



refutarla. Si eso no se logra, entonces la ley o la hipótesis queda *corroborada*. Deliberadamente Popper empleó otra palabra para distanciarse de la *confirmación inductiva*.

Sir **Karl Raimund Popper** (1902–1994). Filósofo y epistemólogo austro–británico. Planteó un claro criterio de demarcación entre ciencia y pseudociencias: la refutabilidad de toda proposición (hipótesis, teoría). El falsacionismo planteado por él se constituyó en una alternativa contundente frente al inductivismo del positivismo. Aplicó sus reglas del método científico al estudio de la sociedad.

Sus obras más conocidas son *La lógica de la investigación científica*, *La miseria del historicismo*, *Conjeturas y refutaciones*, *La sociedad abierta y sus enemigos*.

Veamos en las propias palabras de Popper como consideraba que verdaderamente debía ser considerada una teoría científica:

“...pienso... que las teorías científicas no son el resumen de observaciones, sino que son invenciones, conjeturas, valientemente expuestas a juicio, que han de ser eliminadas si se demuestra que están en desacuerdo con las observaciones, con las observaciones que no sean de carácter accidental sino como regla, tomadas con la intención explícita de comprobar una teoría, obteniendo, si fuera posible, una refutación decisiva.” (Popper, 1963, cit. Oldroyd, 1993).

#### Actividad 2.6.

Lea detenidamente el texto anterior y responda:

- ¿En cuáles expresiones o en qué conceptos, Popper manifiesta su postura respecto del inductivismo?
- ¿Cómo interpreta usted la afirmación de Popper de que las teorías son “conjeturas, valientemente expuestas a juicio”?
- ¿Qué sentido le otorga al argumento que para refutar la teoría, la falta de acuerdo debe ser con “observaciones que no sean de carácter accidental sino como regla”?

Envíe sus respuestas a fin de ser revisadas por su tutor.

### 2.3.1. La falsabilidad como criterio del nivel científico entre hipótesis y como criterio de demarcación entre ciencia y pseudociencia

A pesar de que nunca se podrá verificar la veracidad de una ley, el hecho de que resista sucesivos intentos de refutación y salga airosa (es decir, corroborada en cada oportunidad en que es contrastada), le otorga a la ley en cuestión cierto mérito: muestra lo que Popper denomina “su temple”, empleando una metáfora metalúrgica. Como resultado, la ley sigue siendo aceptada provisionalmente, pero “más templada”.

El “temple” de una hipótesis o teoría sin duda, queda demostrado en el transcurso de sus reiteradas exposiciones a la crítica científica. Pero, ¿qué pasa con las hipótesis nuevas, las recién generadas? ¿Cómo se puede juzgar acerca de las bondades y potencialidades de cada hipótesis? ¿Se puede comparar entre dos hipótesis cuál de ellas tiene mayor nivel científico, mayor rigor conceptual?

Popper cree que sí es posible decidir entre distintas hipótesis cuál es la de mayor nivel científico, y ese criterio depende de lo falsable que sea cada hipótesis analizada. La de mayor nivel científico será aquella cuya formulación permita generar un mayor número de situaciones en las que sus consecuencias observacionales sean comparadas con los hechos, exponiendo de este modo la hipótesis a su refutación o a ser corroborada y mostrar así su temple.

Consideremos las siguientes hipótesis acerca del comportamiento de los cuerpos celestes:

Hipótesis 1.

*“Todos los planetas se atraen unos a otros por acciones gravitatorias.”*

Hipótesis 2.

*“Todos los planetas gravitan unos hacia otros, y también que la fuerza de gravedad hacia cada uno de ellos, considerada particularmente, es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia de los lugares al centro del planeta.”*

¿Cuál de las hipótesis posee mayor nivel científico según el criterio de Popper: la H 1 o la H 2?

Sin duda, si se llegara a comprobar que los planetas en lugar de atraerse, se rechazan, entonces quedarían refutadas ambas hipótesis. Pero si por el contrario, cada una de las determinaciones revelara que en todos los casos observados los planetas se atraen, entonces la H 1 quedaría siempre corroborada. Sin embargo, nada nos dice acerca de cómo ocurren esos fenómenos.

La H 2, si bien comparte con la H 1 la aseveración de la mutua atracción entre planetas, expresa además la manera en que esa atracción ocurre; es decir, que nos dice algo más de cómo es el mundo. Pero al mismo tiempo, ese decir más del mundo, la expone a que sea falsada, refutada por alguna observación que, supongamos, evidencie que si bien ocurre la atracción, esta depende no del cuadrado de la distancia, sino del cubo de la misma. Así la H1 no se vería alterada por el “nuevo descubrimiento”, mientras que la H 2 quedaría refutada.

En nuestro caso hipotético, la H 2, aunque refutada, permitiría que la investigación científica avance, progresando hacia una mejor descripción y comprensión del mundo. Por lo tanto según el criterio popperiano, la H 2 tiene mayor nivel científico que la H 1.

Para sintetizar, dejemos que sea el propio Popper quien resuma su posición:

*“El criterio para discernir el nivel científico de una teoría es su falsabilidad, o refutabilidad, o comprobación [no su confirmabilidad].”* (Popper, 1963, cit. Oldroyd, 1993).

Otro de los aportes notables que realizó Popper a la Epistemología fue el enunciar un criterio que permitía establecer una clara distinción entre lo que se debía considerar conocimiento científico y conocimiento pseudocientífico.

A partir de sus estudios críticos acerca del historicismo marxista, del psicoanálisis freudiano y de otras corrientes psicológicas, negó el carácter científico de esas teorías ante la imposibilidad de que sus hipótesis pudieran ser falsables. Valer decir, no pueden ser contrastadas con los datos empíricos. Idéntica argumentación es aplicable a distintos sistemas de creencias que se atribuyen conocimientos de similar alcance analítico y predictivo a los alcanzados por la ciencia (por ejemplo, la astrología, la quiromancia, las revelaciones místicas, etc.).

### **2.3.2. Algunas críticas al falsacionismo**

Una forma de falsacionismo simplista y dogmático asegura que las teorías científicas pueden ser refutadas de manera concluyente al contrastarlas con observaciones o experimentaciones apropiadas. En esa situación se está minimizando el valor de la carga teórica de la observación y pretende darle a la observación un carácter de objetividad absoluta, imposible de alcanzar por los honestos observadores reales que, como vimos, cargan un bagaje cultural que de algún modo tiñe la observación.

Asimismo recalca el carácter provisional de las explicaciones científicas al tiempo que niega la posibilidad de establecerse como definitivamente verdaderas; a lo sumo, señala, pueden ser *verosímiles*.

Otra simplificación del falsacionismo, en su versión ingenua, reside en considerar a la teoría como constituida por un único enunciado que se debe falsar. Sin embargo, las teorías constan de un conjunto de enunciados que los vinculan con otras teorías, constituyendo verdaderas redes teóricas en las que unas teorías apoyan o complementan a otras. Las hipótesis auxiliares vinculadas con la teoría, bien pueden corresponder a leyes y teorías que comandan el empleo de determinadas técnicas e instrumentos científicos que permiten obtener los datos observacionales y experimentales. Muchas veces, al no coincidir los datos empíricos con los resultados esperados, estamos tentados a aceptar que la hipótesis ha sido refutada; pero una nueva serie de observaciones realizadas a partir de reformulaciones de los procedimientos o nuevas calibraciones del instrumental empleado, puede llevar a concluir que la discrepancia entre las consecuencias observacionales predichas por la hipótesis y los hechos empíricos, se debieron a errores experimentales y no era necesario descartar la hipótesis presuntamente refutada.

Por último, mencionaremos un dato aportado por el estudio de la historia y de la sociología de la ciencia, e incluso por la enseñanza de las ciencias.

Se ha registrado reiteradas veces que una teoría científica que es refutada como plantea el método falsacionista, no es abandonada inmediatamente. Por el contrario, por lo menos en un comienzo las teorías siguen vigentes a pesar de las refutaciones. Nadie abandona una creencia o concepción al menos que a) se sienta *insatisfecha* con ella; b) aparezca una concepción alternativa que sea *inteligible*; c) que la nueva concepción sea percibida como *plausible*; y d) que la nueva concepción sea promisorio como programa de investigación. (Duit, 2006: 221).

El sistema propuesto por Popper es mucho más complejo que el presentado aquí de manera simplificada; él mismo ha sabido defender sus puntos de vista epistemológicos de las objeciones que se han levantado acerca de diferentes aspectos de su propuesta epistemológica. Incluso cierta evolución en sus concepciones lo ha llevado a admitir algún grado de inductivismo que creía desterrar en las explicaciones de qué es la ciencia y cómo se organiza.

Por cierto, si bien la epistemología popperiana ignora la presencia de elementos sociohistóricos en la configuración de las teorías científicas, la gran influencia que tuvo Popper dio lugar a que se fuera generando un movimiento de reconocimiento más amplio de las dimensiones sociales de la ciencia a partir de la segunda mitad del siglo XX. Esas concepciones epistemológicas serán consideradas en la Unidad 3.

## **2.4. Estudios de casos históricos de las ciencias naturales**

Las reflexiones sobre la ciencia que se realicen desde una óptica centrada en la epistemología, la historia de la ciencia y la didáctica, seguramente aumentan la comprensión acerca de la naturaleza de la ciencia y por consiguiente, estructuran mejor su enseñanza.

Sin embargo, hasta dónde se llegue en esas reflexiones depende precisamente de la concepción que se tenga sobre qué es ciencia y cómo se elabora.

Hasta aquí hemos pasado revista a las corrientes que privilegian la justificación del conocimiento basándose en un enfoque empírico (inductivismo) o en un enfoque racionalista (hipotético–deductivismo y su variante falsacionista). El modo en que cada posición entiende qué tipo de relaciones se establece entre las observaciones (y experimentos) y las teorías, presupone definirse por un método de la ciencia: los inductivistas sitúan la observación-experimento antes que la teoría, mientras que los racionalistas plantean el camino inverso. De esto se traduce que las pretensiones de que existe un único “método científico” posible quedan en el entredicho.

Por otra parte, al analizar la naturaleza de las representaciones científicas acerca del mundo, también podemos encontrar discrepancias. Unos opinan que las afirmaciones de la ciencia describen o reflejan cómo es el mundo en realidad (realistas), mientras que otros dudan de la posibilidad de saber algo del mundo tal como es (escépticos), o que la descripción que tenemos del mundo es la proyección de nuestras ideas acerca de él (idealistas). También están quienes consideran que, desconociendo cómo es exactamente el mundo, sólo podemos alcanzar cierto aprendizaje en su manipulación (instrumentalistas).

Tal vez la conclusión más interesante que podemos acercar en estas reflexiones es lograr percibir a la ciencia no como un *producto definitivo* sino como un *proceso de construcción social*, donde la Naturaleza –la concepción que de ella la sociedad se ha formado–, y la Sociedad misma, interactúan y le permiten a la humanidad resolver a través de la cultura, los problemas que la existencia le impone, y en particular, en los últimos dos siglos, por medio de la ciencia y la tecnología.

Veamos algunos casos que sirven para ilustrar las cuestiones expuestas.

#### **2.4.1. Las concepciones cosmológicas y sus físicas solidarias**

El modelo cosmológico denominado *geocéntrico* o *aristotélico–ptolemaico* nació en la Antigüedad y fue sostenido durante la Edad Media occidental. Este modelo concebía al universo como esférico, limitado y conformado por dos “mundos” adyacentes, en cuyo centro absoluto se encontraba la Tierra. Precisamente este argumento es el que da fundamento a la denominación de geocéntrico. Según los pensadores de la antigüedad clásica, en cada uno de los mundos regían “leyes” diferentes: uno, el *supralunar*, se extendía en el cielo, desde la Luna hasta las denominadas “estrellas fijas”. Allí estaban los cuerpos celestes –el Sol, la Luna, los planetas conocidos (Mercurio, Venus, Marte, Júpiter y Urano) y las estrellas fijas.

Esta concepción sostenía que estos cuerpos, así como los movimientos que describían, eran eternos, inmutables y perfectos –circulares–. Cada cuerpo celeste se ubicaba en una esfera cristalina; la más exterior soportaba al conjunto de las estrellas fijas, en cambio, algunas de las esferas cristalinas interiores contenían planetas (incluidos el Sol y la Luna). El éter (el quinto elemento o quintaesencia) era la sustancia que componía los cuerpos celestes, las esferas cristalinas y llenaba el espacio entre ellas (se consideraba que el universo era pleno, sin vacío).

El movimiento de los astros era provocado por el “primer motor” que se encontraba por fuera de la esfera de las estrellas fijas. Ese movimiento de las estrellas era transmitido sucesivamente a las esferas interiores, provocando el movimiento planetario observado desde la Tierra. El primer motor fue identificado con la deidad (y posteriormente con el dios

cristiano medieval). Aristóteles entendió que además de esas esferas que contenían a los planetas, había otras que si bien no portaban planetas, servían para compensar los diferentes movimientos que realizaban los astros. En total la maquinaria celeste aristotélica constaba de 56 esferas.

El modelo *geocéntrico* sostenía además, que en contraposición al mundo descrito había un mundo *sublunar*, que se extendía por debajo de la Luna y hasta el centro de la Tierra. En este mundo predominaban los cambios, la corrupción y la generación de las imperfecciones. Los movimientos de los cuerpos eran tanto lineales –y dirigidos hacia el centro de la Tierra– como combinaciones de movimientos lineales y circulares. Esos movimientos cesaban cuando el cuerpo alcanzaba su “lugar natural”, donde reposaba. Los cuerpos y objetos del mundo *sublunar* estaban compuestos por los cuatro “elementos”, “principios” o “raíces” propuestos por Empédocles –fuego, aire, agua y tierra–. Recordemos que los dos primeros eran “leves” (sin peso) y que tendían a elevarse hacia el límite del mundo, marcado por la órbita lunar; en cambio, el agua y la tierra eran elementos “graves” (o pesados) y tendían a caer hacia el centro de la Tierra (como las gotas de lluvia o una piedra arrojada), buscando su lugar natural. Los cuerpos compuestos se comportaban según predominase uno u otro elemento en su composición.

Las observaciones astronómicas realizadas en la Antigüedad fueron compiladas en la obra *Almagesto*, del astrónomo alejandrino Claudio Ptolomeo (c. 100–170). Ptolomeo se basó en la física aristotélica para fundamentar que la Tierra se hallaba en reposo, y a partir de la geometría probó que estaba en el centro del universo y que las estrellas fijas se mueven en conjunto como una esfera. La influencia de esta obra se extendió hasta al siglo XVI. A partir de ese momento empezó a compartir adeptos con otro gran sistema cosmológico: el modelo heliocéntrico (el Sol en el centro del universo y la Tierra y los planetas girando en torno de él). Que, como sabemos, con el tiempo, lo reemplazó.

Si bien el modelo heliocéntrico con ya había sido propuesto por Aristarco de Samos (c. 310–230 a. C.), no había razones sociales ni culturales para que esa propuesta fuera atendida y reemplazara a la concepción aristotélica, en plena vigencia en vida de Aristarco. Tuvieron que pasar casi 18 siglos para que la obra *De revolutionibus orbium coelestium libri sex* (*Sobre las revoluciones*) del astrónomo polaco Nicolás Copérnico (1473–1543), publicada en 1543, inicie la denominada revolución copernicana en la astronomía. Además, fue uno de los puntales del cambio en la manera de concebir la naturaleza y la forma en que debía ser estudiada. Esto, que se dio en llamar la Revolución científica (c. 1550–1700) constituyó la base de la ciencia moderna en Occidente.

La síntesis de estos cambios se plasmó en las obras de Isaac Newton, *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*, 1687 (*Principios matemáticos de la Filosofía natural*) y *Opticks*, 1704 (*Óptica*).

Con Newton, según sus propias palabras, “las leyes de la Tierra y el Cielo coinciden”. Esto significa que para acompañar el modelo heliocéntrico debió gestarse una nueva Física cuyas leyes tenían validez universal, disolviendo la antigua separación entre mundos supra y sublunares.

Por lo tanto, a partir de esta concepción, lo que ocurre en el universo pasa a ser explicado mediante tres axiomas o leyes del movimiento y una ley de la gravitación universal.

#### **“Axiomas o leyes del movimiento**

##### **Ley primera**

*Todos los cuerpos perseveran en su estado de reposo o de movimiento uniforme en*

*línea recta, salvo que se vean forzados a cambiar ese estado por fuerzas impresas. (...)" (p. 41).*

**"Ley II**

*El cambio de movimiento es proporcional a la fuerza motriz impresa, y se hace en la dirección de la línea recta en la que se imprime esa fuerza. (...)" (p. 41).*

**"Ley III**

*Para toda acción hay siempre una reacción opuesta e igual. Las acciones recíprocas de dos cuerpos entre sí son siempre iguales y dirigidas hacia partes contrarias. (...)" (p. 42).*

**"Proposición VII. Teorema VII**

*Que el poder de la gravedad pertenece a todo cuerpo en proporción a la cantidad de materia que cada uno contiene.*

*Ya hemos probado antes que todos los planetas gravitan unos hacia otros, y también que la fuerza de gravedad hacia cada uno de ellos, considerada particularmente, es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia de los lugares al centro del planeta. (...)" (p. 480).*

Newton, (1687) 1997

De esta manera, el universo se hace infinito, deja de tener un centro privilegiado y desaparecen las imaginarias esferas cristalinas. El movimiento aparente de las estrellas "fijas", los planetas, el Sol, la Luna y otros cuerpos celestes menores como los cometas (que anteriormente se los consideraba fenómenos sublunares, meteorológicos), se explican por los movimientos de rotación diaria de la Tierra sobre su eje, y de revolución anual en torno al Sol.

El universo moderno deja de ser pleno y se lo considera compuesto por espacio vacío y materia confinada a ciertas regiones de ese espacio infinito.

Desde ya que ambos sistemas cosmológicos deben explicarse los mismos fenómenos, pero como se ve, las interpretaciones son divergentes. Veamos, por ejemplo, el tipo de objeciones que los astrónomos aristotélicos-ptolemaicos formulaban al sistema heliocéntrico y cómo éste lo resolvía:

**El argumento de la torre.** Los aristotélicos decían que la Tierra se encontraba inmóvil y prueba de ello era que si desde lo alto de una torre se dejaba caer una piedra, ésta tocaba tierra al pie de la torre. En su afán de refutar la hipótesis heliocéntrica de los movimientos de rotación y traslación terrestres, los adeptos al geocentrismo razonaban según el método predilecto de la Escolástica: por reducción al absurdo.

Básicamente ellos podrían haber argumentado así: *Supongamos que sea efectivamente la Tierra la que se mueve rotando sobre sí misma una vez por día y no los cielos que sostienen las estrellas. Entonces, cada lugar de su superficie se debe mover rápidamente siguiendo el movimiento de la esfera terrestre.*

*Si desde lo alto de una torre abandonamos un cuerpo a su suerte (por ejemplo, dejamos caer una piedra), éste buscará su lugar natural por ser un grave (cuerpo con peso); y mientras recorre su camino hacia el centro de la Tierra; como la tierra está en movimiento y la torre se desplazará del lugar donde se encuentra. Por lo tanto, cuando el cuerpo toque la superficie terrestre, lo hará en un sitio alejado del pie de la torre, ya que ésta no estará allí.*

*Esto, como puede comprobarse fácilmente, no ocurre, sino que el cuerpo cae al pie de la torre. Por lo tanto suponer que la Tierra se mueve rotando es un absurdo; luego, la Tierra no se mueve.*

En *Diálogos acerca de los dos Sistemas Máximos del Mundo* (1630), Galileo Galilei (1564–1642) da solución al argumento de la torre imponiendo la noción de inercia de los movimientos. Galileo planteó que la situación de la Tierra en movimiento era análoga a la de un barco en el cual, desde lo alto de su mástil un marinero deja caer una piedra. El marinero observa que la piedra describe una trayectoria lineal descendente que termina al pie del mástil. Sin embargo, un observador ubicado en la orilla y que ve pasar al barco, registra la trayectoria de la piedra como trazando un arco, descripción que no coincide con lo percibido por el marinero ya que él se estaba moviendo junto con el barco. Así, se puede entender el movimiento de la piedra como la composición de dos movimientos, uno vertical, de caída libre hacia el centro de la Tierra, y otro horizontal en el sentido en que se mueve el barco. Este segundo movimiento no cesa a pesar de haber dejado la mano del marinero; por lo tanto, la piedra persiste en el movimiento que traía (principio de inercia).

#### Actividad 2.6.

¿Cómo explica que el mismo fenómeno (la caída de un objeto) sea interpretado de modo distinto por observadores geocéntricos y heliocéntricos?  
¿Las observaciones realizadas por los observadores de los dos modelos analizados son las mismas o distintas? Y en caso de ser distintas, ¿en qué consiste la diferencia?  
¿Porqué un nuevo sistema cosmológico (una teoría) requería de la construcción de una nueva Física (las leyes de Newton)? Redacte un breve informe sobre la cuestión.

### **2.4.2. Las concepciones atomísticas de la materia y el desarrollo de los modelos químicos de átomo**

Las dos grandes conquistas de la ciencia griega antes de Sócrates fueron, por un lado, la formulación de la concepción atómica de la materia, junto con la cosmología solidaria con ella; por otro lado, el haber desarrollado la medicina hipocrática. Los dos filósofos vinculados con la concepción filosófica atomística son Leucipo (personaje de existencia dudosa) y Demócrito (c.460– c.385 a. C.). Pocos son los fragmentos que a ellos se les atribuye; la mayor parte de los que se sabe es por comentarios de los adeptos al atomismo, como Epicuro o Lucrecio o de sus detractores como Aristóteles y sus comentaristas. Básicamente el marco teórico empleado para formular el atomismo filosófico fue la interpretación de fenómenos naturales observados, pero no controlados.

La química moderna, si bien empleó términos similares a los utilizados por los antiguos griegos y apeló a algunos aspectos filosóficos, basó la teoría atómica en datos experimentales que fueron obtenidos por la incipiente ciencia química a partir del siglo XVIII. Esto no significa que la ciencia griega era sólo especulativa. De hecho, el desarrollo vigoroso de la medicina griega -que desde ya tenía aspectos especulativos-, estuvo sostenido por un basamento sólido dado por la práctica directa del médico sobre los cuerpos de sus pacientes.

Un comentarista de Aristóteles, Simplicio, expone de manera descriptiva la concepción atomística de Demócrito del siguiente modo:

*“Demócrito considera que la naturaleza de las cosas eternas está constituida por pequeñas sustancias infinitas en número; supone, además, que éstas se hallan en un espacio diferente a ellas, infinito en extensión. Para denominar a este espacio se vale de los términos “vacío”, “nada” e “infinito”, y a las sustancias las llama “algo”, “sólido” y “ser”. Piensa que las sustancias son de una pequeñez tal que escapan a nuestros sentidos. Ellas presentan diversas formas, figuras diversas y diferencias en su magnitud. De éstas, a las que toma como elementos, se generan y se forman por agregación los volúmenes visibles y, en general, perceptibles. Estas sustancias luchan y se mueven en el vacío debido a su desemejanza y a las demás diferencias que hemos mencionado y, al moverse, se encuentran y se intrincan de un modo tal que las hace ponerse en contigüidad y en recíproca proximidad, sin que por ello constituyan, en realidad, una naturaleza única; es, en efecto, del todo absurdo que dos o más cosas lleguen alguna vez a ser una sola. Señala que la causa de que las sustancias permanezcan reunidas durante cierto tiempo son los entrelazamientos y adhesiones de los cuerpos. Algunos de ellos, (los átomos) son irregulares, otros ganchudos, otros cóncavos, otros convexos y otros, finalmente, de otros múltiples modos. Considera que permanecen ligadas y reunidas hasta el momento en que les adviene una necesidad más poderosa desde el exterior, que las sacude con violencia y, apartándolas, las dispersa. Afirma la generación y su contrario, la disgregación, no sólo respecto de los animales, sino también de las plantas y de los mundos y, en general, de todos los cuerpos sensibles.”*

(Simplicio, siglo VI, cit. Cartledge, 1999: 29)

El químico inglés John Dalton (1766–1844) encontró en el atomismo filosófico de Demócrito, recuperado durante el siglo XVIII, el principio de todas las leyes ponderables de la química. En su obra de 1808 lo explicaba del siguiente modo:

*“El análisis y la síntesis química no alcanzan más allá que a separar partículas unas de otras o a unir las entre sí. Nada de nueva creación, ni de destrucción de materia en todo el ámbito a que puede alcanzar la acción química. Sería lo mismo que tuviésemos la pretensión de introducir un nuevo planeta en el sistema solar o de aniquilar uno de los que forman parte de él, que la de crear o destruir una partícula de hidrógeno. Todos los cambios que podemos producir consisten en separar partículas que se hallan en cierto estado de cohesión o de combinación, o también en ligar entre sí las que antes estaban separadas.*

*En todas las investigaciones químicas se ha considerado, a justo título, como un objeto importante la determinación de los pesos relativos de los cuerpos simples que constituyen un compuesto. Pero desgraciadamente la investigación se ha detenido ahí, mientras que, de estos pesos relativos que se relacionan con los cuerpos tomados en masa, se hubieran podido deducir los pesos relativos de las partículas últimas o átomos de los cuerpos...*

*Uno de los principales objetivos del presente trabajo es mostrar la importancia y la ventaja que existen en fijar los pesos relativos de las partículas últimas, tanto para los cuerpos simples como para los compuestos y lo mismo el número de partículas*



*simples elementales que constituyen una partícula compuesta, o también el número de partículas menos compuestas que concurren para formar una partícula más compuesta."*

*"Si dos cuerpos, A y B, están dispuestos para combinarse, he aquí algunas combinaciones que podrán tener lugar, comenzando por las más sencillas:*

*1 átomo de A + 1 átomo de B → 1 átomo de C, binario*

*1 átomo de A + 2 átomos de B → 1 átomo de D, ternario*

*2 átomos de A + 2 átomos de B → 1 átomo de E, cuaternario (...)"*

(Dalton, 1808)

Actualmente los estudios científicos acerca de la estructura de la materia indicarían que si bien los átomos constituyen un nivel de organización de la materia, no son las partículas últimas, indivisibles, que postulaban los atomistas griegos y que aceptaba Dalton. El hallazgo de partículas subatómicas como los protones, neutrones y electrones; e incluso otros componentes de las mencionadas partículas, los quarks, muestran la complejidad de la realidad material y el camino interminable de los descubrimientos científicos. El premio Nobel, Erwin Schrödinger decía al respecto:

*"La materia está compuesta de partículas, separadas por distancias relativamente grandes: está incrustada en el espacio vacío. Este concepto se remonta a Leucipo y Demócrito, quienes vivieron en Abdera en el siglo V a.C. Este concepto de partículas y espacio vacío sigue vigente hoy... y no sólo eso, sino que existe una total continuidad histórica."*

(Schrödinger, (1952) 1985, cit. Cartledge, 1999: 15)

Actividad 2.7.

a) Analice la afirmación de que *"este concepto de partículas y espacio vacío sigue vigente hoy... y no sólo eso, sino que existe una total continuidad histórica"*, sostenido por Erwin Schrödinger, a la luz de la lectura de los textos de Simplicio y Dalton y de sus propios conocimientos acerca de la teoría atómica. Redacte un breve comentario al respecto.

b) ¿Qué parte del texto de Simplicio indicaría su adhesión o rechazo por la teoría atómica?

c) ¿Cuál es la diferencia más significativa entre la atomística griega y la interpretación que da Dalton?

---

### 2.4.3. Concepciones acerca de la generación de los seres vivos

Como usted seguramente sabe, tradicionalmente el término *generación* se empleaba para describir cómo se producía la formación de nuevos seres vivos, independientemente de los mecanismos actuantes en dicha formación. A partir del siglo XIX su uso fue reemplazado por el de *reproducción*, posiblemente debido a la carga semántica que lo asociaba con la clásica *teoría de generación espontánea o equívoca*.

Esta teoría suponía la posibilidad de que los seres vivos se formaban actualmente a partir de materia inerte sometida a corrupción. Un antiguo axioma señalaba que “*corruptio unius generatio alterius*” (“la corrupción de lo uno es generación de lo otro”). Como es sabido, a pesar de que los experimentos de Louis Pasteur con los matracos con “cuello de cisne” demostraron que los medios de cultivos esterilizados se mantenían libres de microorganismos porque no accedían a ellos. Recién en la década de 1880 se saldó la polémica con el descubrimiento de esporas bacterianas resistentes al calor que podían contaminar medios de cultivos insuficientemente esterilizados.

El problema del origen de la vida, relacionado con la generación del primer ser vivo, logró solución con la aceptación de teorías acerca del origen de la vida como la de A. Oparin y J. B. S. Haldane enunciada hacia 1924 y que planteaba que la vida había surgido a partir de compuestos inorgánicos en una Tierra con condiciones diferentes a las actuales, pero que hoy, cambiada las condiciones, en particular por la presencia de seres vivos, no era posible el surgimiento de nueva vida por esa vía.

La comprensión de los ciclos de vida de las diferentes especies permitió ir acorralando la versión de la generación espontánea para explicar el origen de seres vivos menos conocidos hasta arribar a los microorganismos. Esto queda claro en el artículo “Corrupción” de la *Enciclopedia*, donde su autor (D’Alembert) destruye la teoría de la generación espontánea de los insectos mediante la referencia de la aplicación del método experimental.

**“Corrupción:** (...) Los antiguos creían que diversos insectos se engendraban por corrupción. Hoy esa opinión es considerada errónea, aunque parezca apoyada por experiencias de todos los días. Efectivamente, lo que se corrompe produce siempre gusanos, pero esos gusanos no nacen más que porque otros insectos han depositado allí sus huevos. Un experimento sensible demuestra esa verdad. Tómese carne de buey recién muerto; métase un pedazo en una olla destapada y otro pedazo en una olla bien limpia, que se cubrirá con un pedazo de tela de seda, para que el aire pase a través de ella sin que ningún insecto pueda entrar a poner sus huevos. Ocurrirá al primer pedazo lo que es común: se cubrirá de gusanos, porque las moscas habrán puesto en él sus huevos en libertad; el otro pedazo se alterará por el paso del aire, se descompondrá y quedará reducido a polvo debido a la evaporación, pero no se encontrará en él ni huevos, ni gusanos, ni moscas. Todo lo más se acumularán las moscas encima de la tela, atraídas por el olor, intentarán entrar y, al no poder ir más allá, pondrán algunos huevos en el tejido de seda (...)”  
(D’Alembert, 1751–80, cit. Soboul, 1988: 63)

#### Actividad 2.8.

- a) ¿Cuál es el problema planteado en la cita del artículo?
- b) ¿Cuál es la pregunta a la que el experimento intenta responder?
- c) ¿Cuál es la hipótesis que guía al diseño del experimento propuesto?
- d) ¿Qué variables se han considerado en el experimento? ¿Cuáles se controló? ¿Por qué?
- e) ¿Qué objeciones plantearía un científico inductivista frente al experimento tal como está planteado en el artículo? ¿Y un científico hipotético–deductivista?

## Resumen

Para analizar el surgimiento de las diferentes concepciones epistemológicas desde una perspectiva sociohistórica, hemos partido de la conformada en primer término: el inductivismo. A fin de comprender el papel desempeñado por el inductivismo en la interpretación de la ciencia, se han analizado sus fundamentos y sus limitaciones respecto a la caracterización de ciencia que propone. Asimismo se ha estudiado al inductivismo bajo su variante “en sentido estrecho” y en su versión “debilitada”.

Posteriormente hemos visto los fundamentos de la concepción hipotético–deductivista. En el tratamiento del método hipotético–deductivo se desarrollaron las características de las hipótesis y la estructura de las teorías científicas. También se abordaron las razones por las que una hipótesis es aceptada o rechazada.

Luego, al presentar al falsacionismo popperiano, como un caso particular del método hipotético–deductivo, se destacó la falsabilidad como criterio empleado para decidir acerca del nivel científico entre hipótesis; y también, el empleo del mismo concepto como criterio de demarcación entre ciencia y pseudociencias. Finalmente se señalaron algunas críticas que ha recibido el falsacionismo.

Buscando dónde se aplica el análisis de estas concepciones epistemológicas se presentaron diferentes casos históricos de teorías de las ciencias naturales:

- las concepciones cosmológicas y astronómicas y sus físicas solidarias correspondientes;
- las concepciones atomísticas de la materia y, por último
- las concepciones acerca de la generación de los seres vivos.

Tal exposición se realizó con la intención de destacar algunos núcleos temáticos disciplinares adecuados para introducir las discusiones que involucren el empleo de diferentes concepciones epistemológicas en el aula.

### Bibliografía básica

Flichman, E., Miguel, H., Paruelo, J. & Pissinis, G. (eds.) (1999). *Las raíces y los frutos. Temas de filosofía de la ciencia*, Buenos Aires: CCC Editora.

Hempel, C. (1979) *Filosofía de la ciencia natural*. Madrid: Alianza.

Klimovsky, G. (1994). *Las desventuras del conocimiento científico. Una introducción a la epistemología*. Buenos Aires: AZ Editora.

### Bibliografía consultada

Baker, J. J. W & G. E. Allen. (1970). *Biología e investigación científica*. Bogotá: Fondo Educativo Interamericano.

Bernard, C. (1959) *Introducción al estudio de la medicina experimental*. Buenos Aires: El Ateneo.

- Boido, G. (1998). *Novedades del planeta Tierra. Galileo Galilei y la revolución científica*. Buenos Aires: A-Z Editores, 2ª edic.
- Bynum, W. F., E. J. Browne & R. Porter. (1986). *Diccionario de historia de la ciencia*, Barcelona: Herder.
- Bunge, M. (1985). *Epistemología*, Barcelona: Ariel.
- Cartledge, P. (1999). *Demócrito*. Bogotá: Norma.
- Copérnico, N. (1994). *Sobre las revoluciones*. Barcelona: Altaya.
- Dalton, J. (1808). *A New System of Chemical Philosophy*, London. Vol. I, Par I, Chap III, p. 211-216. Consultado el 31/07/2008: <http://j.orellana.free.fr/textos/dalton.htm>
- Duit, R. (2006). "Enfoques del cambio conceptual en la enseñanza de las ciencias". En Schonotz, W., Vosniadou, S. & Carretero, M. (comps.) *Cambio conceptual y educación*. Buenos Aires: Aique.
- Fourez, G. (1997). *Alfabetización científica y tecnológica. Acerca de las finalidades de la enseñanza de las ciencias*. Buenos Aires: Ediciones Colihue.
- Levinas M. L. (2006). *Las imágenes del universo. Una historia de las ideas del cosmos*. Buenos Aires: Siglo XXI Editores.
- Newton, I. (1997). *Principios matemáticos*. Barcelona: Altaya.
- Oldroyd, D. (1993). *El arco del conocimiento. Introducción a la historia de la filosofía y metodología de la ciencia*. Barcelona: Crítica.
- Roberts, Royston M. (1992). *Serendipia. Descubrimientos accidentales en la ciencia*. Madrid: Alianza Editorial.
- Soboul, A. (1988). *La Enciclopedia: historia y textos*. Barcelona: Editorial Crítica.
- Zandrón, O. S. (1979). *Evolución del concepto de átomo y del concepto espacio-tiempo*. Buenos Aires: Ediciones Universidad del Salvador.

## Apunte 3 de EPISTEMOLOGÍA DE LAS CIENCIAS NATURALES

### La irrupción de los factores sociales e históricos en la epistemología

#### Objetivos

Analizar desde una perspectiva socio-histórica el surgimiento de diferentes concepciones epistemológicas.

Comprender los fundamentos y las limitaciones de las epistemologías de Lakatos, Kuhn y Feyerabend respecto a sus caracterizaciones de la ciencia.

Aplicar el análisis de las concepciones epistemológicas descritas, a casos de teorías de las ciencias naturales.

Detectar núcleos temáticos disciplinares adecuados para introducir las discusiones que involucren el empleo de diferentes concepciones epistemológicas en el aula.

#### Contenidos

1. Introducción

2. Imre Lakatos y la Metodología de los Programas de Investigación Científica.

2.1. El falsacionismo metodológico.

2.2. Programas progresivos y degenerativos.

2.3. Una ejemplificación de cómo funciona la metodología de los programas de investigación científica: la Teoría de la evolución biológica.

3. Kuhn y *La estructura de las revoluciones científicas*: un punto de inflexión en los análisis epistemológicos.

3.1. Modelo bifásico: ciencia normal y revoluciones científicas.

3.2. Acerca de las nociones de paradigma y de inconmensurabilidad.

4. Feyerabend y la epistemología anarquista: *Contra el método*.

#### Resumen

Evaluación final. Aplicaciones de los casos estudiados en la enseñanza de la ciencia

#### Conexiones

El estudio de esta unidad servirá de base para luego abordar en la próxima unidad las diferentes metodologías de la investigación científica y explicación científica

**Palabras claves:** Programas de investigación científica. Núcleo firme. Cinturón protector. Heurísticas positiva y negativa. Revoluciones científicas. Ciencia normal. Paradigma. Crisis. Método. Anarquismo metodológico.

Bibliografía de lectura obligatoria
-------------------------------------

Flichman, E., Miguel, H., Paruelo, J. & Pissinis, G. (eds.) (1999). *Las raíces y los frutos. Temas de filosofía de la ciencia*, Buenos Aires: CCC Editora.

Klimovsky, G. (1994). *Las desventuras del conocimiento científico. Una introducción a la epistemología*. Buenos Aires: AZ Editora.

Bibliografía optativa
-----------------------

Darwin, C. R. (1961). *El origen de las especies por medio de la selección natural*. México, D.F.: Grijalbo.

de ASUA, M. J. C. (1988). "Historia de las teorías embriológicas (s. XVII. s. XX). Reconstrucción racional según las epistemologías de Lakatos y Kuhn", *Stomata, Vol 44) N° 1- 2 enero-junio 1988*, pp. 233-262.

Feyerabend, P. K. (1987). *Adiós a la razón*. Buenos Aires: REI Argentina.

Fleck, L. (1986). *La génesis y el desarrollo de un hecho científico. Introducción a la teoría del estilo de pensamiento y del colectivo de pensamiento*. Madrid: Alianza.

Kuhn, Th. S. (1971). *La estructura de las revoluciones científicas*. México, D.F.: Fondo de Cultura Económica.

Lakatos, I. (1993). *Historia de la ciencia y sus reconstrucciones racionales*. Madrid: Tecnos.

Lamarck, J. B. (1971). *Filosofía zoológica*. Barcelona: Mateu.

Oldroyd, D. (1993). *El arco del conocimiento. Introducción a la historia de la filosofía y metodología de la ciencia*. Barcelona: Crítica.

Pérez Tamayo, R. (1990). *¿Existe el método científico? Historia y realidad*. México: Fondo de Cultura Económica.

Ruiz, R. & Ayala, F. J. (1998). *El método en las ciencias. Epistemología y darwinismo*. México: Fondo de Cultura Económica.

Sociedad Francesa de Filosofía. (1953). *Vocabulario técnico y crítico de la Filosofía*. 2 tomos. Buenos Aires: El Ateneo.

## 1. Introducción

En este apunte examinaremos algunas de las ideas contemporáneas más relevantes que dieron lugar a diferentes corrientes epistemológicas que marcaron el rumbo de los estudios filosóficos de la ciencia a partir de la segunda mitad del siglo XX y cuya influencia se deja notar en la actualidad.

Nos referiremos a tres filósofos y sus sistemas, en el siguiente orden: Imre Lakatos, Thomas Kuhn y Paul Feyerabend. Indicaremos las afinidades entre Lakatos y Popper (ya presentado en el módulo anterior) y sus distancias con Kuhn y Feyerabend.

## 2. Imre Lakatos y la Metodología de los Programas de investigación científica

### Objetivos de la sección:

- Reflexionar acerca de la propuesta epistemológica de la metodología de los programas de investigación científica.
- Reconocer los límites del falsacionismo como explicación epistemológica de las ciencias naturales.

### Recomendación de lecturas:

Para esta sección se requiere que usted lea:

- Klimovsky, 1994: 373-380.
- Flichman *et al.*, 1999: 161-178 y 189-197.

¿Quién fue Imre Lakatos y cuál fue su contribución epistemológica?

#### **Imre Lakatos** (1922-1974).

Estudió física y astronomía en Hungría. Después de la Segunda Guerra Mundial fue funcionario del Ministerio de Educación húngaro. Durante el régimen estalinista de la década del 50, fue encarcelado durante seis años. Tras su fuga, se refugió en Inglaterra. Obtuvo un segundo doctorado en filosofía de la ciencia en Cambridge. Más tarde fue discípulo de Karl Popper y su sucesor en la cátedra de lógica y método científico en la Escuela de Economía de Londres. Murió a los 52 años en Londres cuando trabajaba en colaboración con Feyerabend en una obra sobre el racionalismo y el irracionalismo en ciencia.

Lakatos organizó su propuesta epistemológica intentando resolver las críticas dirigidas al falsacionismo popperiano. La compleja estructura de los programas de investigación tiene como punto de partida una postura crítica al rígido racionalismo ahistórico de Popper.

### 2.1. El falsacionismo metodológico

La diferencia principal que se evidencia entre sus posturas filosóficas radica en que, mientras que para Karl Popper la ciencia representa una contienda entre una teoría y un experimento, y que el resultado más valioso de esa lucha es la falsación de la teoría, para Lakatos la pelea se establece entre tres contendientes: dos teorías y un experimento, siendo el resultado más interesante la confirmación de una de las teorías, más que la falsación de alguna de ellas.

---

Esquema de las interpretaciones de Popper (a) y de Lakatos (b) acerca de actividad científica.

- (a) Según Popper durante el proceso de la investigación científica un experimento intenta falsar una teoría. De este modo la teoría sobrelleva la prueba o termina siendo descartada al demostrarse su falsedad.

TEORÍA ↔ EXPERIMENTO

- (b) Según Lakatos lo que permite un experimento es comparar dos teorías antagónicas; una de ellas explicará mejor los resultados experimentales, mientras que la otra, al no hacerlo tan satisfactoriamente, es relegada.

EXPERIMENTO ↔ TEORÍA 1

↓  
TEORÍA 2

-----

A diferencia de lo que pensaba Popper, la historia de la ciencia muestra que cuando alguna de las consecuencias observacionales deducidas de una teoría no concuerdan con los datos empíricos, la teoría no es rechazada inmediatamente sino que se la sigue conservando mientras se ajustan las observaciones realizadas y se efectúan otras nuevas. La acumulación de anomalías como la señalada, lejos de constituir un caso excepcional, casi podríamos decir que es la regla constante que se percibe al ahondar en los aspectos socio-históricos de las teorías científicas.

Esta actitud de los científicos que se niegan a descartar una teoría porque presente algunas fallas explicativas de los hechos es comprensible. Mientras la teoría contenga algunos argumentos a su favor no parece sensato eliminarla hasta que no se posea una teoría mejor; más aún, se le debería dar la oportunidad de que sea modificada y pueda afrontar mejor preparada las anomalías que la hacen tambalear. Este tipo de comportamiento respecto a las teorías es el que parece verificarse en las prácticas científicas concretas; casi nadie se arroja a la pileta vacía, sino que previamente uno se cerciora que esté llena.

Teniendo en cuenta lo anterior, Lakatos asegura que sólo debe rechazarse una teoría  $T$  cuando se presentan las siguientes condiciones:

- a) Ha aparecido otra teoría  $T'$  que contiene mayor información empírica que  $T$ , es decir que puede plantear nuevas consecuencias observacionales no contempladas (o incluso, incompatibles) por la teoría  $T$ .
- b) La nueva teoría  $T'$  puede explicar todo lo que explicaba  $T$  de modo acertado y parte del contenido nuevo (el que excede a  $T$ ) de  $T'$  está corroborado.

Esto lleva a Lakatos a plantear que la comparación no debe hacerse entre teorías aisladas sino entre conjuntos de teorías que han sido generadas mediante modificaciones sucesivas. Al conjunto de teorías afines Lakatos los denomina “programas de investigación científica” (Lakatos, 1993: 25).

La arquitectura de estos programas de investigación científica muestra que están constituidos por tres capas concéntricas de entidades dialécticas:

- a) un **núcleo firme** (o duro, o central) que alberga las hipótesis esenciales del programa y que representa los elementos fundamentales que dan sentido a las teorías del programa.
- b) Un **cinturón protector** constituido por diversos elementos variables (hipótesis auxiliares, hipótesis observacionales, variaciones de las condiciones experimentales,



etc.) que se van agregando al cinturón protector del programa en la medida que el núcleo firme es atacado, intentando falsearlo. Estos procedimientos siguen un principio metodológico, denominado la *heurística negativa*, que estipula que los componentes del núcleo firme no deben ser alterados a pesar de que se hayan presentado anomalías que aconsejen su falsación de acuerdo con el esquema popperiano.

- c) Una **capa más externa** del programa de investigación científica, la *heurística positiva*, que reúne las directivas generales para explicar los fenómenos ya conocidos o para predecir otros nuevos.

**Heurística** (o eurística): (sust.) Parte de la ciencia que tiene por objeto el descubrimiento de los hechos. (adj.) Que sirve para descubrir; se dice: a) de una hipótesis de la que no se trata de saber si es verdadera o falsa, sino que se adopta de manera provisional, como idea directriz en la indagación de los hechos; b) del método pedagógico que consiste en hacer descubrir por el alumno lo que se quiere enseñar.  
(modificado de SFF, 1953: 548)

Lakatos con su propuesta metodológica trató de analizar no sólo la estructura de la teoría científica y el modo en que pueden falsarse, sino también el proceso que lleva al reemplazo de una teoría por otra dentro de un “programa de investigación” que evoluciona gradualmente.

Lakatos al introducir una terminología nueva en su presentación, dio lugar a cierto grado de dificultad en su comprensión. Por ejemplo, un programa de investigación está formado por una secuencia de investigaciones que llevan a cabo uno o más científicos, adoptando ciertas reglas metodológicas (las heurísticas). Estas reglas parecen constituir el programa mismo (como si el manual de uso de un artefacto fuera el artefacto mismo). De este modo, según Lakatos (1993: 26) cada programa de investigación posee dos conjuntos de reglas: uno de ellos le indica al investigador qué caminos de investigación debe evitar, mientras que el otro le muestra qué caminos debe seguir de modo de facilitar el descubrimiento.

La heurística negativa del programa de investigación marca que las hipótesis del núcleo firme nunca deben ser tocadas so pena de tener que abandonar el programa de investigación y cambiarlo por otro.

La heurística positiva del programa está formada por las reglas e instrucciones metodológicas que indican acerca de cómo debe desarrollarse el programa. Pareciera que de algún modo la heurística positiva permite anticipar los futuros rechazos empíricos a un programa de investigación a medida que va evolucionando.

## 2.2. Programas progresivos y degenerativos

De acuerdo con Lakatos los programas de investigación transitan por diferentes etapas de manera tal que se los puede clasificar en *programas degenerativos* y *programas progresivos*.

Un programa de investigación se tornará degenerativo cuando a pesar de que el cinturón protector funcione perfectamente bien –defendiendo el núcleo firme–, no aparecen nuevas predicciones; es decir, que el programa no plantea la predicción de nuevos fenómenos comprobables. Entonces los investigadores que trabajan en este programa sentirán que su actividad sólo se reduce a sostener el programa defendiéndolo de los ataques de las anomalías, pero que ya no hay producción de nuevo conocimiento. En este caso las nuevas

hipótesis *ad hoc*, planteadas para defender el núcleo firme, no dan fruto alguno; es decir, no generan nuevas consecuencias observacionales que permitan un crecimiento empírico.

En cambio, en el programa progresivo se notará que a medida que se agregan nuevas hipótesis al cinturón protector se pueden deducir nuevas consecuencias observacionales y predecir nuevos fenómenos no esperados. Por lo tanto, el programa será progresivo mientras su crecimiento teórico anteceda o promueva su crecimiento fáctico.

Cuando el programa de investigación científica se muestra progresivamente más explicativo que otro programa rival, lo somete al punto de lograr eliminarlo como opción teórica; aunque muchas veces el programa derrotado puede ser almacenado a la espera que se produzcan cambios fácticos que tornen nuevamente atractiva su propuesta.

¿Cómo opera esta estructura de tres niveles jerárquicos propuesta por Lakatos en la práctica científica?

Una primera confrontación entre el experimento (los nuevos datos aportados por la investigación experimental) y alguna de las teorías científica en juego se lleva a cabo en la periferia del sistema establecido. El resultado de esta contienda corresponde a una, entre estas tres opciones:

- a) Se presenta una conciliación entre los hechos experimentales u observacionales con las predicciones de la teoría. En este caso la teoría puesta a prueba ve reforzado su núcleo firme.
- b) No hay coincidencias entre los hechos y algunas de las hipótesis de la teoría, pero éstas últimas pertenecen al cinturón protector y no constituyen el núcleo firme de la teoría. Por lo tanto, el conflicto se soluciona modificando algunas afirmaciones del cinturón protector o agregando hipótesis *ad hoc* a fin de defender el núcleo firme y mantenerlo incólume.
- c) Se presenta una situación irreconciliable entre nuevos hechos aceptados como verdaderos y algunas hipótesis (o todas) que conforman el núcleo firme de la teoría. El núcleo ya no es sostenido y puede llegar a cambiarlo por otro.

Se recomienda leer los ejemplos analizados en las páginas indicadas para ambos libros de lectura obligatoria (Como lecturas optativas se recomiendan Oldroyd, 1993: 489-498; Ruiz & Ayala, 1998: 72-84; Pérez Tamayo, 1990: 175-181).

### **2.3. Un ejemplo de cómo funciona la metodología de los programas de investigación científica: la teoría de la evolución biológica.**

La metodología propuesta por Lakatos está orientada principalmente al análisis histórico de la ciencia. Dice Lakatos (1993: 31):

“La metodología de los programas de investigación científica constituye, como cualquier otra metodología, un programa de investigación historiográfica. El historiador que acepte tal metodología como guía, buscará en la historia programas de investigación rivales, problemáticas progresivas y estancadas. Donde el historiador duhemiano vea una revolución en la simplicidad (como la de Copérnico), aquél

buscará un programa progresivo a gran escala que se imponga a otro estancado.

Donde el falsacionista ve un experimento crucial negativo, aquél ‘predecirá’ que no había tal experimento, que detrás de cualquier supuesto experimento crucial, detrás de cualquier supuesta batalla entre teoría y experimento, hay una lucha oculta entre dos programas de investigación. Sólo más tarde el resultado de la lucha es relacionado, al modo de la reconstrucción falsacionista, con algún supuesto experimento crucial.”

Veamos en un ejemplo donde dos teorías rivales luchan por adjudicarse el monopolio de la verdad explicativa.

Desde fines del siglo XVIII y durante buena parte del siglo XIX, dos teorías antagónicas desarrollaron explicaciones en torno al problema del origen de los seres vivos y a la posibilidad o no de cambios en las especies.

Una de ellas, inscripta dentro de la larga tradición judeo-cristiana, era la concepción *creacionista y fijista* de las especies vivientes. Esta tradición sostenía la creación divina de las especies de modo independiente unas de otras y su inmutabilidad posterior a partir de su creación.

Uno de los representantes más conspicuo de estas posiciones fue el barón Georges Cuvier, quien sostenía que la Tierra había pasado por una serie de eventos catastróficos que habían eliminado totalmente la vida de amplias regiones del planeta, siendo repobladas a partir de migraciones de seres desde otras regiones. Tampoco descartaba la posibilidad que las extinciones hubieran sido totales y, entonces el repoblamiento del planeta se habría producido por sucesivos actos de creación divina.

De ese modo se explicaba las diferencias morfológicas de los fósiles encontrados en los distintos estratos geológicos, que constituyeron faunas y floras muy distintas entre sí y también respecto de las actuales.

Por otra parte, desde mediados del siglo XVIII, habían surgido ideas que sostenían la posibilidad de que las especies cambiaran gradualmente a través de las generaciones sucesivas al punto tal de transformarse en otras distintas. Una de las presentaciones más lúcidas de esta posición fue la planteada por Jean Baptiste Pierre Antoine de Monet, caballero de Lamarck, en la obra *Filosofía zoológica* (1809). Sin embargo recién a partir de 1859, con la publicación de *El origen de las especies*, de Charles Darwin, fue puesta en duda fuertemente la inmutabilidad de las especies y se habría producido la contienda entre dos programas de investigación científica como propone Lakatos en su sistema.

**Georges Cuvier** (1769, Mömpelgard - 1832, París). Estudió filosofía y economía en Stuttgart. Fue profesor de anatomía comparada en el Colegio de France (1795) y en el Museo de Historia Natural de París (1798); sus estudios de anatomía comparada de vertebrados fósiles y recientes sentó nuevas bases para la clasificación zoológica. Autor de la teoría de las “revoluciones del globo”, en la que establecía que una sucesión de faunas y floras habían poblado la Tierra,

producto de actos creadores independientes cada una de ellas, luego de la desaparición de las anteriores a causa de eventos catastróficos locales o generales, el último de los cuales era el Diluvio bíblico. Desde 1802 y hasta su muerte fue el secretario de la sección matemática y física de la Academia de Ciencias de París.

**Jean-Baptiste de Lamarck** (1744, Bazentin-le-Petit - 1829, París). Fue oficial del ejército francés. A partir de 1768 estudió medicina y botánica en París. En 1786 fue nombrado conservador del jardín botánico real de París. En 1794 fue profesor de zoología de “insectos y gusanos” del Museo de Historia Natural de París. Postuló una nueva clasificación de los animales dividiéndolos en “vertebrados” e “invertebrados”. Sostuvo la posibilidad de que las especies fueran cambiando gradualmente a medida que transcurría la historia de la Tierra (“transformismo”) a causa de las cambiantes condiciones ambientales que crean nuevas necesidades e induce a los animales a que modifiquen sus hábitos y, en consecuencia, su morfología corporal a causa de una diferente manera de emplear sus órganos.

¿Cuáles serían los núcleos firmes y los cinturones protectores de cada programa?

<b>PIC “Creacionismo-fijista”</b>	<b>PIC “Evolucionista”</b>
<b>Núcleo firme</b>	<b>Núcleo firme</b>
* Los seres vivos fueron creados mediante creaciones especiales originando así las diferentes especies; desde entonces éstas se han conservado sin presentar modificaciones.	* Todos los seres vivos provienen de una o de pocas formas simples que se han ido modificando gradualmente conforme pasaban las generaciones.
<b>Cinturón protector</b>	<b>Cinturón protector</b>
* La edad de la Tierra es la que puede ser calculada a partir de la cronología bíblica (unos 6.000 años).  * Los fósiles de faunas y floras ya extinguidas que se presentan en los estratos geológicos se acumularon en eventos catastróficos (inundaciones, terremotos, vulcanismo, etc.) naturales de extensiones variables.  * Los repoblamientos de las regiones devastadas se produce por migraciones de especies desconocidas desde otras regiones no afectadas por cataclismos o	* La edad de la Tierra es mayor que la propuesta por la tradición judeo-cristiana, -se propusieron sucesivas extensiones desde unos 70.000 años (Buffon, siglo XVIII) hasta unos 4.800 millones de años (en el siglo XX).  * Una vez aparecidos los primeros seres vivos, surgidos por procesos naturales de autoorganización, su presencia no ha cesado hasta el presente debido a su capacidad de reproducción que permitió generar sucesivas generaciones.  * Los organismos vivientes se

<p>por nuevos actos creadores.</p> <p>* El estudio anatómico de especímenes momificados por los antiguos egipcios revelan que a pesar de los milenios transcurridos no ha variado su morfología (por ejemplo, el ibis o el gato).</p> <p>* Las diferentes partes que componen un organismo están relacionadas entre sí tanto en su forma, tamaño y función, de modo tal que si una de ellas se modificara, todas las partes restantes deberían también modificarse (ley de las correlaciones): Por lo tanto es imposible que solo una parte u órgano del ser vivo se modifique, porque ello acarrearía la modificación de la totalidad de las partes y órganos. Entonces, las especies no pudieron haberse modificado y han permanecido idénticas a sí mismas desde su creación.</p>	<p>dispersaron por el planeta ocupando gradualmente todos los ambientes, lo que permitió que se diversificaran en infinidad de especies diferentes a través del tiempo y las regiones geográficas.</p> <p>* Durante la reproducción los seres vivos dejan copias de sí mismos que presentan ligeras modificaciones respecto a la generación parenteral (variabilidad biológica).</p> <p>* La diferenciación de las formas biológicas respecto de las ancestrales puede ser explicado por diferentes mecanismos evolutivos: aparición de “un sentimiento interior hacia el cambio”, en respuesta al surgimiento de nuevas necesidades ante cambios en las condiciones ambientales; esa propensión al cambio motivó el uso de algunos órganos y el desuso de otros. Los caracteres adquiridos en vida de los seres fueron transmitidos por herencia biológica a las siguientes generaciones (lamarquismo).</p> <p>* Otro de los mecanismos evolutivos propuestos lo constituye el de la selección natural: por medio de la reproducción los seres vivos dejan gran cantidad de descendientes que presentan cierta variación que les permiten responder ante las exigencias ambientales de modos distintos; así muchos mueren y algunos sobreviven. Los sobrevivientes se reproducen y generan nuevos vástagos que serán nuevamente seleccionados (darwinismo).</p>
--	--

Las afirmaciones que se han presentado como formando los cinturones protectores de cada programa de investigación científica, tiene su origen o incorporación ante la necesidad de responder a ataques al núcleo firme del programa. Cada intento de falsación del programa dispara la heurística negativa del programa, la cual lleva a los científicos inscriptos en el programa a modificar uno o más de los enunciados de la teoría en respuesta a los cargos levantados contra ella. Pero esas modificaciones o agregados solo se producen en el cinturón protector de la teoría, persistiendo la prohibición de alterar el núcleo.

Analícemos algunas de las modificaciones que debieron realizarse en el cinturón protector del programa evolucionista a fin de no alterar el núcleo firme.

Uno de los problemas que debieron encarar los científicos que sostenían posiciones evolucionistas fue el de carecer de una cronología absoluta que planteara una edad mucho mayor que la propuesta a partir de la interpretación de *La Biblia*, una fuente prestigiosa y de gran autoridad que hasta el siglo XVIII, había resuelto muchas de controversias científicas.

Durante la Ilustración, Buffon intentó calcular la edad de la Tierra a partir de consideraciones extraídas de experimentos que consistían en medir el tiempo de enfriamiento de esferas de hierro calentadas al rojo vivo y extrapolando dichos valores a una esfera de igual masa que la que posee la Tierra, partiendo del supuesto planteado por la hipótesis de Kant-Laplace acerca del origen del planeta a partir de una masa rocosa incandescente formada por condensación de una nebulosa gaseosa donde las fuerzas gravitatorias newtonianas dieron lugar al Sistema Solar (el Sol, los planetas, sus lunas y demás componentes celestes).

Esos cálculos arrojaban unos 70.000 años para ubicar cronológicamente los eventos geológicos y paleontológicos que los estudios de la nascente Geología iba aportando. La necesidad de aumentar la escala temporal para incluir lentos y graduales procesos de transformaciones de los seres vivos, llevó a que se midieran tasas de sedimentación y calcular el tiempo en que se habrían formado potentes estratos geológicos estudiados en cañones formados por ríos que socavaban terrenos sedimentarios; así se especuló que la edad de la Tierra debía ascender a varios centenares de millones de años. Por ejemplo, Darwin especuló una edad de la Tierra superior a los 300 millones de años.

En 1862, sir William Thomson, luego lord Kelvin, uno de los físicos más prestigioso de su época, recalculó los valores de Buffon y estableció que el tiempo necesario para que la Tierra alcanzara su temperatura media actual a partir de un estado de incandescencia no podría ser mayor a los 24 millones de años, a lo sumo 100 millones ya que de otro modo no se cumplirían las leyes de la termodinámica ya establecidas por la Física del siglo XIX. Tal objeción resultó un escollo casi insuperable para la teoría evolucionista; sin embargo, no se la abandonó como se esperaba según una interpretación popperiana.

Cierto es que Charles Darwin acusó el revés recibido desde la Física y eso quedó consignado en la sexta edición de su obra *El origen de las especies*. Escribe Darwin:

“Con respecto a que el tiempo transcurrido desde que nuestro planeta se consolidó no ha sido suficiente para la magnitud de cambio orgánico supuesto, y esta objeción, como propuesta por sir William Thomson, es probablemente una de la más graves que nunca se hayan presentado, sólo puedo decir, en primer lugar, que no sabemos con qué velocidad, medida por años, cambian las especies, y, en segundo lugar, que muchos hombres de ciencia no están todavía dispuestos a admitir que conozcamos bastante la constitución del universo y del interior de nuestro globo para razonar con seguridad sobre su duración pasada” (*El origen de las especies*, 1961: 391).

El descubrimiento sobre la radiactividad de la Tierra, a principios del siglo XX, permitió demostrar que ésta dispone de fuentes internas de calor que fueron ignoradas por lord Kelvin en sus cálculos y que permitieron, por una parte, extender la cronología del planeta, y por otra, desarrollar métodos de datación temporal absolutas que elevaron la edad de la Tierra y permitieran datar con precisión los diferentes estratos geológicos, hasta el momento organizados en una secuencia cronológica relativa a través del contenido fosilífero de los estratos geológicos. Así se ha datado a los fósiles del período Cámbrico en unos 700 millones de años, aunque hay evidencias de que los primeros organismos vivientes aparecieron en la Tierra hace unos 3.800 millones de años.

Ante otras objeciones planteadas ya en el siglo XIX, como la falta de todos los términos de las secuencias de fósiles que demostraran las modificaciones graduales hipotetizadas por la teoría evolucionista, el propio Darwin esgrimió a modo de hipótesis *ad hoc* que si se continuaba estudiando detalladamente el registro fósil, con el tiempo aparecerían todos los eslabones fósiles faltantes en las series evolutivas. Comenta Darwin:

“Aun cuando actualmente sabemos que los seres orgánicos aparecieron en nuestro globo en un periodo incalculablemente remoto, mucho antes que se depositasen las capas inferiores del sistema cámbrico, ¿por qué no encontramos acumuladas debajo de este sistema grandes masas de estratos con los restos de los antepasados de los fósiles cámbricos? Pues, según nuestra teoría, estos estratos tuvieron que haberse depositado en alguna parte, en aquellas antiguas épocas completamente desconocidas de la historia de la Tierra.

Sólo puedo contestar a estas preguntas y objeciones suponiendo que los registros geológicos son mucho más imperfectos de lo que cree la mayor parte de los geólogos. El conjunto de ejemplares de todos los museos es absolutamente nada, comparado con las innumerables generaciones de innumerables especies que es seguro que han existido.” (*El origen de las especies*, 1961: 389-390).

Con el tiempo las posiciones del programa de investigación creacionista-fijista se estancaron y el programa tornó degenerado, mientras que el programa evolucionista se evidenció progresivo, al punto de constituirse como la mejor teoría biológica para explicar la diversidad y la historia de la vida en el planeta. Sin embargo, el programa rival, si bien quedó desacreditado, fue momentáneamente almacenado a la espera de nuevas evidencias que lo reflotaran. De este modo, recurrentemente vuelven a aparecer variaciones del programa creacionista intentando volver a la palestra. La reciente propuesta de la hipótesis del diseño inteligente es un claro ejemplo de lo mencionado.

### Actividad N° 1

Responda brevemente por escrito al siguiente cuestionario:

- a) ¿Qué son un programa de investigación, un núcleo firme y un cinturón protector según la interpretación de Lakatos?
- b) ¿Según Lakatos, cómo operan la heurística negativa y la heurística positiva?
- c) ¿Cuál es la diferencia fundamental entre las interpretaciones de Popper y de Lakatos ante la aparición de una anomalía?
- d) ¿Cuándo se abandona un programa de investigación según Lakatos?

Envíe su producción a fin de ser evaluada. Será devuelta con los comentarios pertinentes.

## Actividad N° 2

En su obra *Filosofía zoológica*, publicada en 1809, Lamarck estableció las siguientes leyes:

“Primera ley.

En todo animal que no ha ultimado el término de su desarrollo, el uso más frecuente y sostenido de un órgano cualquiera fortifica poco a poco este órgano, lo desarrolla, lo agranda y le da una potencia proporcional a la duración de este uso; mientras que la falta constante de uso del mismo órgano lo debilita sensiblemente, lo deteriora, disminuye progresivamente sus facultades, y termina por hacerlo desaparecer.

Segunda ley.

Todo lo que la naturaleza ha hecho adquirir o perder a los individuos con la influencia de las circunstancias a que su raza se encuentra expuesta desde hace mucho tiempo, y por consiguiente bajo la influencia del empleo predominante de un órgano o por la de una falta constante de uso de tal parte, lo conserva a través de la generación a los nuevos individuos que provienen de ella, mientras que los cambios adquiridos sean comunes a los dos sexos, o a los que han producido estos nuevos individuos.” (*Filosofía zoológica*, 1971: 187).

En estas leyes Lamarck propone la posibilidad de la herencia de los caracteres adquiridos en vida de los individuos a las siguientes generaciones.

Plantee una situación o hecho que refute el evolucionismo lamarckista y comente cómo podría defenderse el programa incorporando modificaciones en el cinturón protector. Elabore esta reflexión por escrito. Compárela con la respuesta propuesta al final de la unidad.



### 3. Kuhn y *La estructura de las revoluciones científicas*: un punto de inflexión en los análisis epistemológicos.

#### Objetivos de la sección:

- Reflexionar acerca de la propuesta epistemológica de Thomas Kuhn.
- Reconocer los límites del falsacionismo como explicación epistemológica de las ciencias naturales.

#### Recomendación de lecturas:

Para esta sección se requiere que usted lea:

- Klimovsky, 1994: 339-369.
- Flichman *et al.*, 1999: 199-216 y 321-328.
- Kuhn, Th. S., 1971. 319 pp.

### Thomas Kuhn y su contribución epistemológica

#### **Thomas S. Kuhn (1922-1996)**

Estudió física pero tempranamente reorientó sus estudios hacia la historia de la ciencia. En 1957 publica *La revolución copernicana*, donde expone el contenido y significado de sólo de los hechos de la historia interna de la Astronomía, sino la trascendencia sobre la concepción del mundo de la cultura occidental.

Con la publicación de *La estructura de las revoluciones científicas* en 1962 se produce un verdadero cambio de rumbo en las interpretaciones epistemológicas en la moderna filosofía de la ciencia.

#### ***La estructura de las revoluciones científicas* (1962).**

Esta obra produjo una verdadera revolución epistemológica en la actual filosofía de la ciencia. Es un libro relativamente pequeño, de unas 300 páginas, organizado en un prefacio y 13 capítulos en los que introduce conceptos novedosos como los de “paradigmas”, “ciencia extraordinaria”, “ciencia normal”, “comunidad científica”, “crisis”, “revolución científica” y otros.

Basándose en abundantes análisis de casos de las ciencias naturales, principalmente referidos a la Física y la Química, demuestra la gran complejidad del cambio en los conocimientos científicos desde una perspectiva que tuvo un importante antecedente –como lo reconoce el propio Kuhn en su prefacio–, en la casi inadvertida obra monográfica de 1935 del médico húngaro Ludwik Fleck. Recién con la publicación de *La estructura...*, en 1962, es que se produce un vigoroso giro interpretativo de la dinámica del cambio conceptual en ciencia.

La Historia de la Ciencia, con algunos importantes antecedentes en el siglo XIX, tiene su desarrollo durante el siglo XX gracias a los aportes de autores como Koyré, Popper y Kuhn. Frente a la inicial concepción historiográfica continuista y progresista sostenida por historiadores como Crombie y Koyré, Thomas Kuhn opone la teoría rupturista según la cual

la ciencia no progresa de forma lineal y acumulativa, sino por saltos rupturistas que involucran verdaderas revoluciones en el desarrollo de la ciencia como actividad social.

### 3.1. Modelo bifásico: ciencia normal y revoluciones científicas

Según Kuhn un paradigma constituye un modelo científico, una cosmovisión –una forma de percibir y explicar la realidad–, que en un momento histórico dado disponen los científicos y por ende, la cultura de una sociedad sobre la que aquellos influyen al difundir sus concepciones científicas y tecnológicas.

Cuando un paradigma se ha instalado, las prácticas científicas transcurren del modo en que concibe Kuhn la ciencia normal: esta progresa a la luz del paradigma, sin cuestionarlo y resolviendo los problemas que plantea el propio paradigma; vale decir, desarrollando el paradigma al modo en que conjugamos un verbo según las reglas gramaticales en vigencia en cualquier lengua –cabe mencionar que el concepto kuhniano de paradigma constituye una metáfora del sentido que en gramática tiene el paradigma.

Durante este periodo pudieron ir apareciendo anomalías, cuestiones sobre las que la teoría vigente no daba explicación clara. Sin embargo, a los científicos inscriptos en el paradigma vigente no les molestaban a pesar de que se iban acumulando. Sólo les preocupaba continuar e ir resolviendo los enigmas o problemas contemplados como la real interés de la ciencia. Durante la fase de ciencia normal, la comunidad científica, integrada por investigadores, docentes universitarios y estudiantes, profesa un paradigma común: comparte teorías, postulados, metodologías para resolver los problemas surgidos de una misma matriz paradigmática. La tarea de toda la comunidad consiste en elaborar teorías destinadas a fortalecer la cosmovisión vigente.

El paradigma, por lo tanto, orienta y rige el sentido de la investigación científica, mientras sea capaz de dar respuesta a las anomalías que el propio paradigma genera.

Pero en determinado momento, la acumulación de anomalías comienza a interferir en la actividad normal de los científicos de dar respuestas a las anomalías sin cuestionar el paradigma. Precisamente en esa instancia se produce una revolución científica, o sea, un momento de ciencia extraordinaria en el que se produce el cambio de paradigma vigente por otro diferente.

La Astronomía griega de la Antigüedad consolidó el modelo geocéntrico planteado por Aristóteles y sostenido por Ptolomeo y los astrónomos alejandrinos. Este modelo constituyó el paradigma científico hasta mediados del siglo XVI, cuando Nicolás Copérnico publicó, en 1453, su obra *Sobre las revoluciones de los orbes celestes*, en la que proponía un modelo alternativo al geocéntrico. Su sistema heliocéntrico quitaba a la Tierra del centro del universo alrededor del cual giraban todos los cuerpos celestes; y en su lugar se ubicaba en el centro o muy cerca de éste al Sol, mientras que la Tierra pasaba a ser uno más de los planetas que describían órbitas circumsolares.

Copérnico y sus seguidores aseguraban que el nuevo sistema simplificaba los cálculos astronómicos para establecer las posiciones de las estrellas y planetas, aunque al principio ello no fuera totalmente verdadero ya que Copérnico siguió empleando las órbitas circulares celestiales y tuvo que proponer los movimientos circulares complejos descritos por los planetas del mismo modo que lo había hecho la astronomía ptolemaica (deferentes, epiciclos, etc.) Recién es abandonada la concepción acerca de la circularidad platónica del movimiento de los planetas cuando Johannes Kepler reemplaza las órbitas circulares planetarias por trayectorias elípticas en torno al Sol, ubicando a este no ya en el centro, sino ocupando uno de los focos de la elipse.

Las observaciones astronómicas empleando telescopios, iniciadas por Galileo Galilei en 1609, también fueron fortaleciendo al nuevo paradigma rival y a su vez, debilitando el paradigma anterior. Finalmente el viejo paradigma geocéntrico entró en crisis y los nuevos astrónomos se empiezan a sumarse al paradigma heliocentrista, o lo que corresponde decir: se produjo una revolución científica.

### 3.2. Acerca de las nociones de paradigma y de inconmensurabilidad

En décadas posteriores a los sesenta, Kuhn polemizó con distintos epistemólogos que intentaban explicar el progreso científico. Por ejemplo, Popper sostenía que la ciencia avanza de modo crítico a través de conjeturas y refutaciones: las teorías son expuestas a ser contrastadas con los datos empíricos y si son refutadas, son abandonadas por otras explicaciones mejores que durarán hasta que los hechos vuelvan nuevamente a falsarlas. Popper entendía que el criterio de falsabilidad era el correcto método de legitimación de las teorías.

En cambio, para Kuhn el verdadero progreso de la ciencia se produce a través de los cambios de paradigma o revoluciones científicas, que obligan a los científicos a modificar sus teorías y prácticas científicas e imponen a la sociedad la adhesión a nuevas visiones de la realidad.

El modelo propuesto exige un comienzo de la secuencia, un inicio que permita que una teoría sea reconocida por los científicos como el paradigma al cual adscriben, y así abordar la “ciencia normal”. Según Kuhn una disciplina científica comienza con una etapa precientífica, en la que los especialistas aún no se han puesto de acuerdo y polemizan entre ellos debido a que sostienen posturas antagónicas: coexisten varias teorías que explican el mismo fenómeno; difieren las prácticas científicas; no se emplean las mismas reglas que ordenan la investigación; incluso pueden coexistir diferentes cosmovisiones.

En este periodo de *preciencia*, aparecen diversas *escuelas* que resuelven los distintos problemas según procedimientos diferentes. La existencia de variadas posturas fijistas y transformistas en el siglo XVIII y primera mitad del siglo XIX explicando la naturaleza y el origen de los seres vivos puede ilustrar un periodo de *preciencia*, hasta que, hacia fines del siglo XIX, la cantidad de científicos que sostienen que la evolución es un hecho ha aumentado tanto que podría considerarse que el paradigma evolucionista está instalado.

A pesar de la influencia que tuvo la publicación en 1859 la obra maestra de Darwin, había disenso respecto a la naturaleza del mecanismo que permitía la evolución de los seres vivos. Hacia finales del siglo XIX coexistían cerca de una docena de teorías alternativas sobre el mecanismo evolutivo, entre las que se contaba la teoría de selección natural. Recién a partir de la cuarta década del siglo XX, prevalece la teoría sintética o neodarwinista, e impone a la selección natural como el paradigma predominante.

¿Qué ocurre cuando dos científicos pertenecientes a concepciones científicas distintas discuten sobre un tema polémico? ¿Se entienden? Aunque emplean el mismo idioma, ¿usan las palabras, los conceptos y definiciones de igual manera? ¿Perciben los fenómenos de modo similar?

Para individuos pertenecientes a paradigmas distintos, la comunicación puede resultar dificultosa y exige un esfuerzo para “entender” y “traducir” los conceptos empleados por los adversarios. Se presenta cierta “inconmensurabilidad” entre paradigmas, es decir, que los paradigmas no son totalmente comparables. Por ejemplo, para algunos filósofos griegos – entre ellos Aristóteles–, el mundo estaba lleno de sustancia, no existía el vacío y los

materiales que constituían el mundo mostraban repulsión al vacío. En cambio los atomistas griegos (Leucipo, Demócrito, Epicuro) consideraban que las cosas que se encontraban en el mundo estaban compuestas por “átomos” que se movían incesantemente en el vacío.

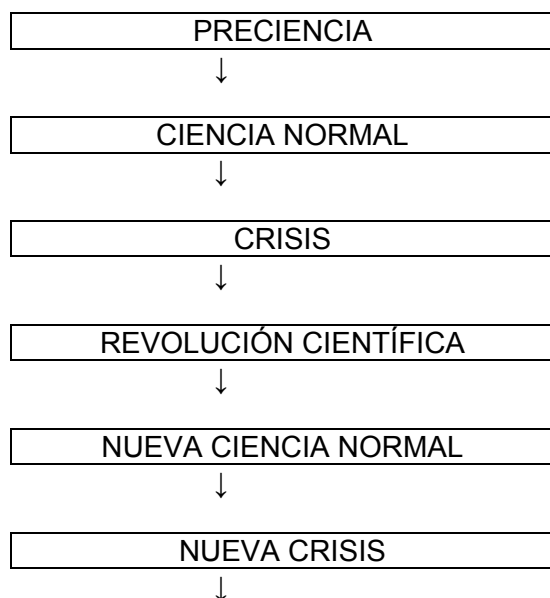
Hay términos pertenecientes a un paradigma que sólo tienen sentido dentro de ese paradigma. Por ejemplo, los atomistas concebían al átomo como una pequeñísima porción de materia indivisible e indestructible rodeada por vacío; es decir, que a diferencia del mundo aristotélico poblado por materia continua, para los atomistas la materia se presentaba distribuida de modo discreto, discontinuo. Esta diferencia conceptual, si bien dificultaba el diálogo (incomensurabilidad de los paradigmas), no impidió que mediante un esfuerzo intelectual los integrantes de un paradigma pudieran describir las teorías de los adversarios. Por supuesto que habrá un resto intraducible que posiblemente se ha perdido durante la traslación.

Incluso se puede evidenciar cómo a través del tiempo las palabras van cambiando el contenido conceptual que las caracterizaba, hasta denotar lo inverso de su significado original: átomo, conceptual y etimológicamente –para los atomistas griegos y hasta el siglo XVIII–, significaba “lo que es indivisible”, “lo que no se puede cortar o dividir”. Es decir, el átomo era una porción unitaria de materia, plena e indivisible. En la actualidad seguimos usando la misma palabra, pero para nosotros el átomo ya no es indivisible, sino que está compuesto por partículas menores (electrones, protones, neutrones y otras subpartículas estudiadas por la física nuclear) que pueden ser separadas del átomo que ya no se considera macizo sino que es vacío en la mayor parte del volumen que ocupa.

Nuevamente, podemos decir, que si bien nuestro actual concepto de átomo difiere del de Demócrito, podemos entender cómo era ese concepto concebido por el atomista griego. Es importante tener en cuenta el cambio conceptual sufrido históricamente por las teorías a fin de lograr una correcta evaluación de sus valores y los roles desempeñados por ellas en la historia de la ciencia.

### Actividad N° 3

Observe el esquema propuesto para describir el desarrollo de la ciencia según Thomas S. Kuhn y elabore por escrito un breve informe sobre la secuencia planteada y su significado.



.....?

## La pugna entre paradigmas

El siglo XIX marcó el surgimiento de la medicina científica. Según el historiador de la ciencia José Sánchez Ron (2008) esto ocurrió cuando la fisiología logró separarse de la anatomía; anteriormente la fisiología estaba supeditada a los estudios anatómicos y las doctrinas fisiológicas, basadas en la tradición grecolatina, mantenían una buena dosis de especulación. Las teorías de la Física y la Química, de neto corte mecanicista, que venían consolidando el prestigio de la ciencia decimonónica y actuaban en sinergia con los progresos tecnológicos de las fases posteriores de la Revolución Industrial, fueron las disciplinas que permitieron el crecimiento de la fisiología.

La investigación científica se desarrollaba en los laboratorios, y esta institución, el laboratorio, fue también el modelo que la medicina buscó desarrollar –mencionemos a modo de ejemplo, las figuras de Koch, Virchow, Bernard y Pasteur–. Es decir que la medicina adoptó las prácticas y las teorías científicas para generar sus propias doctrinas médicas. Por otra parte el hospital –una institución que en Europa se había iniciado durante la Edad Media a cargo, en general, de las órdenes monacales y cuya función principal fue la de practicar la caridad ayudando a los desvalidos, enfermos y pobres–, sufrió una profunda transformación entre los siglos XVIII y XIX. El hospital se convirtió en el centro de la investigación y la formación médica. Anteriormente, los aspirantes a médicos se capacitaban acompañando y asistiendo a un médico en sus prácticas profesionales privadas y practicando bajo la supervisión de su mentor médico y recibía los conocimientos teóricos leyendo los textos hipocráticos y galénicos y de otros autores posteriores en las universidades.

A partir del siglo XIX el hospital se convirtió en el laboratorio de la medicina, en el banco de pruebas y ensayos. E incluso se modificó profundamente la relación entre el médico y el paciente: en el hospital, los médicos comenzaron a batallar con la enfermedad vehiculizada en individuos casi anónimos que alimentaron los registros estadísticos de morbilidad y mortalidad. Esa casuística permitió la clasificación exhaustiva de las enfermedades (nosología) y sistematizó los procedimientos terapéuticos y farmacológicos.

En ese contexto del siglo XIX, donde lo socio-cultural y lo tecno-científico se amalgamaban bajo las banderas sociales de orden y progreso, las doctrinas médicas se iban sucediendo conforme a los desarrollos científicos de diversas disciplinas (física, química, biología, etc.) y a las novedosas prácticas médicas científicas.

Como en toda disciplina científica que se desarrolla, también en la medicina científica aparecen distintas teorías para explicar las causas y los orígenes de las enfermedades, y en forma paralela, también se generan tratamientos terapéuticos con mayor o menor éxito. Esa situación puede ser interpretada a la luz de la propuesta kuhniana, revelando la existencia de varios paradigmas en pugna.

El estudio de una enfermedad, el *beri-beri*, una enfermedad que asoló durante milenios al Lejano Oriente, permitirá ilustrar la pugna entre paradigmas en la interpretación kuhniana.

Esta enfermedad, cuya sintomatología específica ya había sido descrita por los médicos chinos hacia el 2600 a. C., era caracterizada en el siglo XIX por signos y síntomas en los pacientes como “torpeza y debilidad en piernas y pies que producen una marcha lenta y

vacilante”, “a veces parálisis casi total”, “opresión sobre el corazón” y en ocasiones, “muerte súbita”.

#### *Paradigma 1.*

Un médico naval japonés llamado Takaki, que llegó a ser el director del hospital naval de Tokio, se había perfeccionado en el Hospital St. Thomas de Londres, donde fue educado en las teorías bioquímicas de Justus von Liebig acerca de la composición química de los alimentos y de las necesidades nutricionales que presentaban los seres humanos. Liebig reconocía dos grandes grupos de alimentos: “alimentos respiratorios” (grasas y azúcares) y “alimentos generadores de tejidos” (sustancias nitrogenadas, proteínas). Bajo este paradigma intentó resolver el problema de la presencia de numerosos casos de *beri-beri* en los barcos de la armada japonesa. Luego de un viaje del buque-escuela en el que casi la mitad de una tripulación de 380 cadetes y marineros sufrieran la enfermedad, con una veintena de muertes, Takaki logró que el almirantazgo japonés lo autorizara a llevar a cabo un experimento con humanos: variar la tradicional alimentación de la marina que consistía en arroz hervido y algo de grasa de cerdo (sólo “alimentos respiratorios” según la concepción de Liebig). Takaki propuso repetir el itinerario del anterior viaje del buque-escuela, pero incorporar a la dieta carne, legumbres y leche condensada (“alimentos generadores de tejidos”). De este modo el médico esperaba que una dieta balanceada en los dos grupos de alimentos necesarios para la correcta alimentación humana solucionara el problema. Y así fue, a partir de entonces la armada japonesa se liberó del *beri-beri*.

#### *Paradigma 2.*

No sólo Japón había tenido casos de *beri-beri*. También en las Indias Orientales Holandesas, en la isla de Java, se registraban numerosos casos entre la población indígena. Por ese motivo el gobierno holandés destacó en 1886 una misión médica a Batavia (la actual Jakarta) para estudiar las causas de la enfermedad y darle solución al problema sanitario.

La comisión médica, compuesta por reconocidos médicos competentes, formados en las recientes corrientes de la medicina científica, adhería a las teorías de Louis Pasteur y Robert Koch de que las enfermedades eran provocadas por la acción de microorganismos y/o sus toxinas. Por lo tanto objetaron el informe de Takaki y comenzaron sus investigaciones intentando aislar el agente patógeno según los procedimientos microbiológicos de cultivar diferentes materiales en los que pudiera alojarse en microorganismo culpable. Así durante nueve meses cultivaron en medios de cultivo, sangre, saliva y distintos fluidos de los pacientes afectados por el *beri-beri*, sin resultados positivos. Finalmente la comisión de notables regresó a Holanda llevando un informe concluyente: se trataba de una infección...

#### *Paradigma 3.*

Antes de retirarse, la comisión de médicos holandeses montó un laboratorio permanente en el hospital militar de Jakarta y lo dejó a cargo del joven médico Christian Eijkman (1858-1930), quien persistió en los intentos de aislar una bacteria patógena, el presunto agente etiológico de la enfermedad, ya que estaba descontento con los resultados experimentales obtenidos y mucho más con las conclusiones apresuradas del informe oficial. Las siguientes observaciones microscópicas de las muestras de sangre y demás fluidos corporales de pacientes afectados por el mal no evidenciaron la presencia de alguna bacteria sospechosa; tampoco logró contagiar a ratones y pollos inoculándoles saliva y sangre de enfermos. Estaba en un callejón sin salida.

Hubo un único episodio en que entre los animales del bioterio aparecieron síntomas similares a los del *beri-beri* humano: de manera inesperada, los pollos del laboratorio enfermaron simultáneamente mostrando los síntomas de la enfermedad, incluso, varios de ellos murieron. Sin embargo, así como comenzó la “epidemia”, ésta desapareció antes de que Eijkman lograra aislar e identificar al agente patógeno. Seguía como al comienzo, pero más desalentado...

Eijkman revisó nuevamente todos los datos disponibles y encontró cierta relación entre las fechas en que se produjo la “epidemia” y un cambio en la dieta de los pollos: debido a que el ayudante del bioterio encargado de alimentar a los animales se había quedado sin reservas de arroz integral (con cáscara), optó por sacar arroz pulido del depósito de la cocina del hospital, destinado a alimentar a los pacientes y se lo dio a los pollos. Cuando el superintendente del hospital se enteró de tamaño derroche, prohibió continuar con esas prácticas, pero ya para entonces el ingenioso ayudante disponía nuevamente de arroz integral para sus pollos: resultado..., la enfermedad desapareció inmediatamente. Eijkman comenzó a sospechar que tal vez el arroz integral, a diferencia del arroz pulido, portaba algún componente que prevenía contra la enfermedad. En consecuencia diseñó un protocolo experimental dividiendo a los pollos en dos lotes: uno de ellos fue alimentado sólo con arroz pulido (“limpio”, sin cascarillas); y el otro, con arroz integral. De este modo logró inducir experimentalmente por primera vez el *beri-beri* en animales de experimentación. El paso siguiente fue comprobar si este modelo respondía también para el caso del *beri-beri* humano. Eijkman, enterado de que en las cárceles de Java se presentaban también casos de beriberi, comenzó un estudio epidemiológico sobre las condiciones edilicias, su antigüedad, ventilación, hacinamiento, dietas, etc. Hacia 1890, luego de estudiar y contrastar cada una de las hipótesis, llegó a la conclusión que algún principio químico no identificado presente en el salvado del arroz prevenía la aparición de la enfermedad, mientras que su ausencia permitía la aparición de la dolencia. Su hallazgo le valió ser merecedor del premio Nobel de medicina compartido de 1929 por haber logrado inducir experimentalmente una enfermedad de nuevo tipo, las provocadas por carencia de vitaminas.

#### Actividad N° 4

Responda a las siguientes preguntas por escrito, luego envíelas al tutor.

- a) ¿En qué etapa del esquema kuhniano se encontraba la teoría médica respecto del origen de las enfermedades en el momento que Eijkman comenzó sus investigaciones?
- b) Caracterice brevemente los paradigmas en juego.
- c) Finalmente, ¿prevaleció algún paradigma sobre los otros respecto al estudio del *beri-beri*?
- d) El presentado como paradigma 3, ¿reemplaza al anterior (el 2), o lo amplía? Justifique su respuesta.
- e) ¿Qué papel desempeñó el paradigma 1 respecto a los otros durante la investigación médica acerca del *beri-beri*? ¿Habría sido abandonado totalmente a pesar de ser exitoso en la práctica? Discuta
- f) ¿En qué consistiría el progreso en el conocimiento médico de las enfermedades?
- g) ¿En qué sentido podemos decir que había inconmensurabilidad entre los paradigmas adversarios en el caso tratado? Explique.

Se recomienda leer este caso analizado en Flichman et al. (1999: 321-328).

### 3.4. Feyerabend y la epistemología anarquista: *Contra el método*

¿Quién fue Paul Feyerabend y cuál fue su contribución epistemológica?

**Paul K. Feyerabend** (1924-1994)  
Su formación inicial tuvo que ver con el arte, la física y la astronomía. Posteriormente se dedicó a la filosofía de la

ciencia. Instalado en Londres, trabajó un tiempo con Popper y en 1950 se vinculó con Lakatos para preparar juntos una obra sobre racionalismo y antirracionalismo en ciencia. La temprana muerte de Lakatos interrumpió la colaboración. La parte “antirracionalista” que habían acordado que la redacción iba a estar a cargo de Feyerabend, fue publicada posteriormente bajo el título *Contra el método. Esquema de una teoría anarquista del conocimiento* (1975). Tres años más tarde publicó su libro *La ciencia en una sociedad libre* (1978). Estas obras constituyen el aporte más original e importante de Feyerabend sobre la metodología de la ciencia (o mejor aún, la falta de esta).

**Contra el método** (1975). En esta obra Feyerabend presentó su visión antirracionalista y anarquista de la ciencia. Propone que a diferencia de lo que los filósofos, científicos y epistemólogos venían sosteniendo acerca de la ciencia, esta tiene más bien carácter mitológico y no constituye un tipo especial de conocimiento superior al que se puede alcanzar en otros ámbitos de la cultura (el arte, la religión, la astrología, etc.) y que no existe una metodología científica que resulte eficaz para alcanzar conocimientos y que no se constituye, a la postre, en un freno para el progreso del conocimiento. Feyerabend prescribe, para contrarrestar la rigidez esterilizante del método científico tomado como receta, que se debe partir de la premisa de que “todo vale” y generar hipótesis alternativas y opuestas a lo sostenido por la ciencia sacralizada a fin de introducir frescura y cambio en el pensamiento científico.

Feyerabend sostiene que los individuos deben tener libre acceso a todas las vías que conducen al conocimiento, sean estas racionales o irracionales, tradicionales o actuales, religiosas o no, artísticas, científicas o tecnológicas. Esta postura conduce directamente a no privilegiar algún aspecto de la cultura por sobre los otros; para él vale todo: la ciencia, la magia, la astrología o las medicinas científicas, las alternativas y las tradicionales.

Con respecto a la ciencia en la sociedad actual, equipara su papel al que desempeñaba la religión durante el Medioevo: la ciencia sería una especie de religión laica. Por ello, Feyerabend no concibe a la ciencia como superadora de anteriores etapas de estructuras dogmáticas sino sólo como una opción alternativa, pero igualmente irracional y autoritaria. Es decir, el reemplazo de religión por ciencia no provino de un progreso en la racionalidad y un aumento de la coherencia lógica del pensamiento humano sino simplemente de una oferta más atractiva desde el punto de vista del rendimiento tecnológico y mejores expectativas socioeconómicas.

Por ejemplo, cuando Feyerabend aborda el análisis de la actividad de Galileo Galilei en el primer tercio del siglo XVII para difundir la teoría heliocéntrica de Nicolás Copérnico, sugiere que el éxito de Galileo no se debió a que la nueva teoría sostenida fuese más explicativa y “verdadera” desde el punto de vista de la argumentación científica que la concepción astronómica aristotélico-ptolemaica, sino a que fue mejor presentada en sus aspectos estilísticos, lingüísticos y publicitarios: tenía un estilo literario más llano y persuasivo,



además estaba escrito en italiano y no en latín y estaba destinado a un público opuesto a las ideas autoritarias y rígidas y propenso a aceptar novedades intelectuales.

Feyerabend plantea con respecto al método científico que este no existe, no existió ni existirá, ya que, si admitimos que hubo progreso en la ciencia fue debido a las actividades anárquicas de los científicos que no se apegaron jamás a metodologías socialmente consensuadas, sino que por el contrario apelaron a todo tipo de estratagemas, lícitas o no, éticas o repudiables para hacer triunfar sus teorías por sobre las otras.

Partiendo de un comentario vertido por Albert Einstein en el que decía que para el metodólogo sistemático, el científico procedía siempre como un oportunista poco escrupuloso, Feyerabend propone que se reconozca que la ciencia –además de contar con un método de trabajo–, debe adoptar otras maneras de indagación en la que se incluya la improvisación, aceptar trabajar con errores y romper las normas rígidas.

Feyerabend sostiene que el estudio de la historia de la ciencia demuestra que no hubo una sola regla epistemológica o metodológica que no haya sido violada en alguna oportunidad y que estas infracciones a las normas, en lugar de constituirse en un problema, resultaron imprescindibles para el progreso de la ciencia.

Cuando los científicos debieron elegir entre dos teorías que explicaban los mismos fenómenos, rara vez apelaron a criterios racionales, objetivos y lógicos prescriptos, sino que sus decisiones fueron regidas por otros criterios más bien irracionales, sectoriales o personales.

Esto sucedió así porque las distintas teorías son inconmensurables. Si bien Feyerabend admite el criterio de inconmensurabilidad de Kuhn, rechaza el modelo bifásico de éste porque dice que no han existido esos periodos de ciencia normal alternándose con los de revoluciones científicas. Para Feyerabend los cambios de teorías son producto de la tensión que se establece entre la adhesión a la antigua teoría y la proliferación de nuevas teorías. Al respecto dice:

“Las generaciones más jóvenes, siempre interesadas en las cosas nuevas, se apoderan de los nuevos materiales y los estudian ávidamente. Los periodistas, siempre a la búsqueda de noticias –mientras más absurdas, mejor– publican los nuevos descubrimientos (que son los elementos del componente filosófico que están más radicalmente en desacuerdo con los puntos de vista aceptados mientras conservan cierta plausibilidad y quizá hasta algún apoyo en los hechos). Estas son algunas razones para las diferencias que percibimos. No creo que debiera buscarse algo más profundo.”

## **Actividad N° 5**

En el siguiente texto, perteneciente a *Adiós a la razón* (1987), Paul K. Feyerabend argumenta en contra de la supuesta superioridad de la ciencia sobre otros conocimientos. Lea el texto y responda por escrito el cuestionario que le sigue:

“Finalmente quiero refutar un argumento sobre la superioridad de la ciencia que parece ser muy popular, pero que está totalmente equivocado. Según este argumento, las tradiciones no-científicas tuvieron ya su oportunidad, pero no sobrevivieron a la competencia de la ciencia y del racionalismo. Desde luego, la cuestión obvia es: ¿fueron eliminadas por motivos racionales, o su desaparición fue resultado de presiones militares, políticas, económicas, etc.? Por ejemplo, ¿se eliminaron los remedios ofrecidos por la medicina india (que muchos médicos norteamericanos todavía utilizaban en el siglo XIX) por haberse comprobado que eran inútiles o peligrosos, o porque sus inventores, los indios, carecían de poder político y financiero? ¿Se eliminaron los métodos tradicionales de la agricultura y fueron sustituidos por métodos químicos por una superioridad sobre el terreno, o por ser la química claramente superior, o porque se generalizaron sin más examen los éxitos de la química en otros dominios muy limitados y porque las instituciones que apoyaban la química tuvieron el poder de sustituir esta brinco intelectual con coacción práctica? En muchos casos, la contestación es del segundo tipo: las tradiciones diversas de las del racionalismo y de las ciencias fueron eliminadas no porque un examen racional hubiera demostrado su inferioridad, sino porque presiones políticas (incluida la política de ciencia) arrojaron a sus defensores.”

(Feyerabend, 1987: 67-68)

**Cuestionario:**

- a) ¿Contra qué supuestos dirige Feyerabend su crítica?
- b) ¿Con qué intención cree usted que el autor busca polemizar?
- c) ¿Cuál es el papel de la razón en la propuesta de Feyerabend?
- d) ¿Cómo juega el irracionalismo en la elección de teorías científicas según Feyerabend?
- e) ¿Cuál es el rol que desempeñan en el desarrollo de la ciencia las presiones y circunstancias sociales? Ejemplifique con algún caso que usted conozca.
- f) ¿Qué opinión le merece las posiciones epistemológicas de Feyerabend? ¿Considera que realizan un aporte a la comprensión de la naturaleza de la ciencia o no? ¿Por qué?

Una vez completado, envíe su trabajo al tutor para su corrección.

## Resumen

A partir del siglo XVII la denominada “Filosofía natural” comenzó a disociarse en filosofía y ciencia; y con el transcurrir de los cuatro siglos siguientes la deriva se fue acentuando al punto que en la actualidad constituyen dos áreas de la cultura con algunas dificultades de mutua comprensión a causa de sus peculiaridades lingüísticas, conceptuales y metodológicas. Ambas disciplinas han manifestado mutuamente tales desavenencias al considerar, por ejemplo, desde el campo científico que el estudio serio de la filosofía de la ciencia es, además de una extravagancia, una pérdida de tiempo que distrae de la tarea realmente importante de los científicos: la investigación científica.

Algunos (tal unos pocos) opinan que el conocimiento de la filosofía de la ciencia y de sus métodos, resulta muy beneficioso para los investigadores porque los arma de herramientas conceptuales críticas y metacientíficas que favorecen la creación teórica, los nuevos descubrimientos y sus aplicaciones beneficiosas.

Hemos visto en la presente unidad, y en las anteriores, que muchos filósofos han intentado formular explicaciones acerca de la estructura de la ciencia, de sus métodos generales y de las metodologías particulares de las distintas disciplinas científicas. Los resultados han sido variados y dispares y en general, se pueden reconocer dos estrategias distintas en esos intentos: la descriptiva y la prescriptiva. Los primeros sólo pretenden construir una teoría acerca de la morfología y funcionamiento de la ciencia que constituya una descripción ajustada a la realidad de las prácticas científicas. Los segundos, van más allá en sus intenciones e intentan erigir estructuras conceptuales que prescriban cómo debería ser la buena ciencia y cómo deberían pensar y comportarse los científicos para que sus esfuerzos se vean coronados por el éxito.

Dos de los autores tratados en esta unidad, Kuhn y Lakatos son fundamentalmente descriptivos. Kuhn describe la estructura de las revoluciones científicas y los mecanismos por los que se llevan a cabo; mientras que Lakatos, por su parte, describe la estructura de los programas de investigación y las vías que permiten, o no, sus desarrollos.

En cambio Popper (visto en los apuntes anteriores) y Feyerabend elaboran sus sistemas a partir de la descripción de la ciencia, pero luego continúan prescribiendo cómo debe ser la ciencia y cómo debe ser practicada. Popper recomienda el método hipotético-deductivo, mientras que Feyerabend denuncia la inexistencia del método científico y plantea el anarquismo metodológico como vía de desarrollo progresivo de la ciencia.

Con respecto a la aplicación de los sistemas epistemológicos presentados al análisis de teorías concretas de alguna ciencia natural, cabe señalar que tal aplicación tendrá sentido en el marco de lograr una mayor comprensión de las teorías en la medida en que el análisis epistemológico estimule la autorreflexión de la actividad que se está desarrollando, es decir, la enseñanza de las ciencias naturales.

Cuando se asume el problema de la construcción de conocimiento en las ciencias naturales, son varios los aspectos necesarios tener en cuenta:

- a) El abordaje tiene que hacerse desde un campo disciplinario (Química, Física, Biología, Geología, etc.); no es posible encararlo desde la “ciencia global”.
- b) Cada una de las disciplinas está constituida por una red de teorías, fundadas a partir de una diversidad de conceptos que ayudan a describir la realidad desde la perspectiva disciplinar particular. Incluso es posible encontrar en una disciplina diversos sistemas teóricos que analizan la realidad desde enfoques diferentes, así

por ejemplo, en Física encontramos la Teoría Newtoniana, la Relativista y la Cuántica.

- c) La comprensión de los conceptos involucra, al mismo tiempo, la apropiación de la estructura teórica o cosmovisión que los sustenta.
- d) La evolución de las teorías científicas dentro de una disciplina conforma un campo conceptual cuyas zonas constitutivas quedan definidas por las propias teorías en juego y los correspondientes compromisos ontológicos y epistemológicos de la cosmovisión.

Un gran desafío que se presenta en la enseñanza de la ciencia es superar la discontinuidad y fragmentación que existe entre los conocimientos cotidianos y científicos, cada uno de los grupos está condicionado por sus propios compromisos ontológicos, epistemológicos y lógicos. Una posible solución tendiente a lograr dicha superación consistiría en desarrollar una toma de conciencia del docente y el alumno acerca de los referentes que subyacen en la definición de cada una de las estructuras teóricas abordadas; es decir, una toma de conciencia del *saber qué* (sobre los contenidos y la reflexión de estos) y del *saber cómo* (sobre los mecanismos que articulan la comprensión de las teorías).

## ACTIVIDAD FINAL

Los siguientes extractos del artículo “Historia de las teorías embriológicas (s. XVII. s. XX). Reconstrucción racional según las epistemologías de Lakatos y Kuhn” (de ASUA, M., 1988) ilustran los intentos de reconstrucciones racionales desde dos perspectivas epistemológicas diferentes. Dada la estrecha vinculación de las teorías y hallazgos embriológicos con los de otras áreas de la biología tales como la cuestión del origen de la vida, la herencia, la sistemática, la evolución, los mecanismos de reproducción, será posible asistir, a través de estas consideraciones, a un momento particularmente fecundo de la historia de las ciencias de la vida.

- a) Lea y analice los párrafos a fin de identificar los elementos de los sistemas epistemológicos de Lakatos y de Kuhn.
- b) Elabore un breve texto de opinión en el que se discuta el papel que desempeñaría el análisis epistemológico aplicado a la enseñanza de la ciencia, indicando ventajas y dificultades que implica su empleo.
- c) Señale mediante una tabla comparativa las principales diferencias que encuentra entre el sistema de Lakatos y el de Kuhn.

---

(Textos)

“El estudio del desarrollo embrionario, desde fines del siglo XVII hasta principios del siglo XX, se desarrolló en el marco del sucesivo predominio de dos corrientes de pensamiento biológico: el preformacionismo y la doctrina de la epigénesis.

En primer lugar, se presenta en detalles una reconstrucción según la metodología de los programas de investigación (MPI) de Imre Lakatos, asumiendo la existencia de dos programas de, investigación en competencia a lo largo del período considerado: el programa "de la preformación" y el "de la epigénesis". En lo posible, se buscó señalar

algunos vínculos entre la reconstrucción de la historia interna de las sucesivas teorías que conformaron ambos programas y la historia del pensamiento filosófico.

En segundo término, se presenta una reconstrucción alternativa del mismo período, utilizando como criterio historiográfico la epistemología de Thomas Kuhn, asumiendo que es posible subdividir el desarrollo de una disciplina en sucesivas etapas de "ciencia normal" y de "revoluciones científicas". Se propone que es posible ubicar tres paradigmas sucesivos desde el origen de la embriología: el preformacionista, el epigénico y el de la biología del desarrollo. Por fin, se discuten las ventajas y dificultades de ambas reconstrucciones.

#### A. [Reconstrucción según Lakatos]

[...] “Durante el siglo [XVII] se sentaron las bases de los que serían dos programas de investigación en competencia, referentes a la cuestión del desarrollo embriológico. Estos programas intentaron responder a la pregunta acerca de cómo es posible que de un huevo, muchas veces microscópico, se origine un organismo complejo y organizado, con todas sus partes funcionando. Las soluciones que los siglos XVII y XVIII propusieron a este desafío abrevan de dos corrientes del pensamiento filosófico-natural de la Antigüedad: la aristotélica y la democrítea. [...]

*Aristóteles* [...] describió el desarrollo del embrión de pollo. Las observaciones sobre la evolución del huevo de gallina fueron continuadas por Fabricius ab Aquapendente (Girolamo Fabrizio, 1537-1619) [...]. Estos estudios embriológicos fueron continuados por el famoso fisiólogo inglés William Harvey (1578-1657) quien [...] ofreció un estudio comparado del desarrollo embrionario, [...] en mamíferos, aves y animales inferiores. Harvey, cuyo descubrimiento del mecanismo de la circulación de la sangre fue un mojón relevante en el proceso de la mecanización de la fisiología que tuvo lugar a partir del siglo XVII, tenía sin embargo, en lo relacionado a cuestiones embriológicas, una postura claramente aristotélica y finalista. En Harvey es posible encontrar quizás la primera formulación expresa de la *teoría de la epigénesis*. Según la misma, los órganos del embrión se formarían sucesivamente a partir de la materia informe del huevo. Este enunciado va a ser, desde entonces, un componente central del "núcleo fuerte" del programa epigenético: el progresivo surgimiento de la complejidad orgánica desde un primer estadio indiferenciado. [...]

Descartes, así como más tarde Buffon, que retomará sus ideas, representa una versión particular del epigenetismo caracterizada por buscar una explicación mecánico-atomística del desarrollo.

Dos fueron los sucesos que contribuyeron al surgimiento y establecimiento del programa rival preformacionista: el descubrimiento del microscopio y la influencia de la filosofía racionalista.”

#### B. [Reconstrucción según Kuhn]

“Creemos que es posible ensayar una reconstrucción racional alternativa del período que nos ocupa, utilizando la epistemología de Thomas Kuhn. A tal efecto, se adoptará una sistematización de las ideas originales de este autor, tal como fueron formuladas en *La estructura de las revoluciones científicas*, que considera 10 etapas en la historia del surgimiento de una disciplina. [...]

#### C. Confrontación de ambas reconstrucciones

“¿Qué conclusiones es posible extraer de la confrontación de ambas reconstrucciones? En primer lugar, la metodología de los programas del desarrollo (MPD) permite destacar la unidad diacrónica de los programas (el del epigenetismo y el de la preformación), posibilitando un seguimiento longitudinal prolongado que puede traducirse en las respectivas secuencias de teorías, las cuales, en cada programa, comparten un núcleo fuerte. Así, en el programa de la epigénesis se suceden las teorías de Harvey, Descartes, Buffon, Wolff, von Baer. los embriólogos comparativos y evolucionistas del siglo XIX, Driesch. En el preformacionista las de Swammerdam, Malpighi. Bonnet, Haller, His y Roux.

Esta lectura subraya los elementos de continuidad entre teorías tan alejadas como las de Harvey y Driesch o las de Swammerdam y Roux. No escapará al lector que estos programas abarcan teorías que, aunque comparten un mismo núcleo fuerte, poseen muy diferente poder explicativo y contenido empírico; además, son diferentes los compromisos filosóficos de cada una de ellas: es muy diferente el preformacionismo de Bonnet del de Roux, como son diferentes también las concepciones epigénicas de Harvey de las de Wolff y, más aún, de las de Driesch.

Nótese que durante el período de progreso de cada uno de los programas, las teorías que se suceden van ganando en poder explicativo y de corroboración. Asimismo, en el momento de “activación” de un programa estancado, la teoría que lo

"recupera" suele tener un fuerte contenido empírico.[...]

Al destacar el mayor o menor grado de poder explicativo de los programas en sus diferentes momentos y el diferente grado de corroboración de sus predicciones, permitirá entender fenómenos tales como la prolongada vigencia del paradigma preformacionista, atribuible en parte a que el mismo pudo lograr una síntesis explicativa de muchos fenómenos utilizando las categorías filosóficas vigentes; al no poder corroborar sus predicciones, el edificio teórico se fue derrumbando.

Las sucesivas teorías de un programa, a pesar de compartir un núcleo fuerte, albergan compromisos filosóficos diferentes. Se ha insistido, por ejemplo, en las distintas versiones del programa epigenético: la de Harvey (teleológica y aristotélica), la de Descartes-Buffon (mecánico-atomística), las de Wolff y von Baer (vitalistas).

La reconstrucción en base a la *epistemología kuhniana* permitió destacar tres grandes paradigmas: el preformacionista, el de la epigénesis, el de la biología del desarrollo. Esta reconstrucción, como es de esperar de una epistemología estructuralista, destaca los componentes sincrónicos. A través de la condición "paradigmática" de las posturas, también permite explicar cómo teorías con tan escaso contenido empírico, como la preformacionista, tuvieron una vitalidad tan grande.

Se hace sencillo explicar, a través de las ideas de Kuhn, los casos en que los experimentadores "veían" cosas que en realidad no estaban presentes debido a que observaban "a través de las lentes del paradigma". Es el caso de los dibujos de los 'homunculi', o de las dudosas observaciones de Spallanzani del embrión 'preformado en el huevo de rana, o las de Malpighi en el embrión de pollo. También puede ser así explicado el hecho de que un experimentalista tan ajustado como Spallanzani haya ignorado los resultados de sus propios experimentos que contradecían sus convicciones ovistas. [...]

La reconstrucción desde la epistemología de Kuhn también permite explicar los casos de "conversión" de un paradigma a otro, como el de Haller, que se convirtió del paradigma epigenista al preformacionista al observar latir un corazón en un embrión de pollo de 48 hs.

Esta reconstrucción tiene la dificultad de ocultar la continuidad entre las teorías de Driesch y el epigenismo de los siglos XVII y XVIII, y las de Roux y el preformacionismo. Pero, en compensación, permite una explicación más acabada de lo sucedido en la embriología desde fines del siglo pasado (el surgimiento de la "biología del desarrollo"). A través de esta reconstrucción es claro que Driesch y

Roux, a pesar de su ocasional controversia, trabajaban dentro del mismo paradigma y compartían entre sí un acuerdo fundamental: la confianza en el método experimental como modo de acceso al problema del desarrollo, diferenciándose del paradigma epigenético del siglo XIX, caracterizado por una metodología filogenética-descriptiva.

[...] Creemos que es posible concluir que la utilización de reconstrucciones racionales alternativas de un mismo período, favorece la comprensión de la dinámica del grupo de teorías en consideración y ayudan a iluminar facetas complementarias del caso.

Asimismo, la interpretación de la dimensión epistemológica de la historia de la ciencia a la luz de la historia de las ideas, aporta elementos que a la larga redundan en una discriminación más crítica de las reconstrucciones.”

(de Asúa, 1988)

---

## RESPUESTA DE LA ACTIVIDAD 2 PROPUESTA

ACTIVIDAD 2. Experimento contra la segunda ley de Lamarck. El biólogo alemán August Weismann (1834-1914) a fin de refutar la hipótesis de la herencia de los caracteres adquiridos, hacia 1886, diseñó un experimento que consistía en mutilar la cola de ratones de sucesivas generaciones, comprobando que esa modificación morfológica no producía ninguna tendencia a reducir el grosor ni la longitud de la cola de los ratones al nacer. La hipótesis *ad hoc* que podría incorporarse al cinturón protector de la teoría transformista de Lamarck para defender el núcleo firme de la teoría podría ser la siguiente: “en ningún caso la mutilación de la cola puede generar una necesidad en el animal que haga surgir el “sentimiento interior” del ratón de “querer perder la cola”.