

# FILOSOFÍA E HISTORIA DE LA CIENCIA Y LA TECNOLOGÍA

6º AÑO (ES)

---



# ÍNDICE

Filosofía e historia de la ciencia y la tecnología y su enseñanza en el Ciclo Superior de la Escuela Secundaria .....	195
Mapa curricular.....	197
Carga horaria .....	197
Objetivos de enseñanza .....	197
Objetivos de aprendizaje.....	198
Contenidos.....	199
Organización de los contenidos.....	202
Orientaciones didácticas .....	212
Hablar, leer y escribir sobre temas de ciencia, su filosofía y su historia...	212
Estudiar casos sobre el desarrollo histórico de la ciencia .....	215
Orientaciones para la evaluación .....	219
Una propuesta de evaluación .....	219
Trabajos de investigación e integración de contenidos .....	220
Autoevaluación, coevaluación y evaluación mutua .....	221
Bibliografía.....	223
Para los casos de estudio.....	223
Para los temas de integración .....	224

# FILOSOFÍA E HISTORIA DE LA CIENCIA Y LA TECNOLOGÍA Y SU ENSEÑANZA EN EL CICLO SUPERIOR DE LA ESCUELA SECUNDARIA

En el marco del Ciclo Superior de la Escuela Secundaria Orientada en Ciencias Naturales, la enseñanza de las ciencias debe atender a los productos de la práctica científica, es decir, a sus teorías y descubrimientos, pero fundamentalmente al proceso de construcción de tales productos. A su vez, los procedimientos, métodos, presuposiciones, estrategias y dificultades que son típicas de la tarea científica, y la actitud con la que los científicos enfrentan esta tarea, también deben ser entendidos como notas distintivas de tales prácticas.

Por otra parte, la ciencia y la tecnología impregnan inevitablemente la sociedad actual, de modo que los vínculos entre las personas, las comunidades, la relación de los seres humanos con las demás especies y su entorno, la preservación del entorno y la modificación de las condiciones existentes están mediadas por la comprensión y concepción que la ciencia provee de cada una de estas interacciones y facilitadas, a su vez, por los artefactos provistos por la tecnología.

Por este motivo, los seres humanos vivimos el mundo como nuestra cultura lo moldea; lo interpretamos, muchas veces, como lo muestra la ciencia; planificamos nuestras acciones sobre la base de las tecnologías disponibles y las previsibles; nos proponemos medios para lograr nuestros propósitos acordes al desarrollo actual y futuro, e incluso parte de estos propósitos son sugeridos por las capacidades de la ciencia y la tecnología para generar distintos escenarios futuros.

A lo largo de la Educación Secundaria, desde Ciencias Naturales en el 1<sup>er</sup> año hasta las últimas materias de ciencias de la Orientación en Ciencias Naturales se ha sostenido la profunda interrelación entre la ciencia que se enseña, la ciencia de los científicos y los desarrollos científicos tecnológicos que rodean a la comunidad educativa. Asimismo, se señaló en varias oportunidades que la imagen de ciencia con que se concibe una propuesta curricular impregna necesariamente los contenidos y la propuesta formativa que el docente desarrolla en el aula. A tal respecto se ha afirmado:

Ciertamente toda concepción de enseñanza de ciencias naturales está en íntima y dialéctica relación con una imagen de ciencia. En el imaginario social existe una idea de ciencia que asocia el saber científico con la idea de "verdad" o "verdadero", que concibe a la ciencia como la manera correcta de observar e interpretar el mundo. Se asume así que el conocimiento científico está demostrado mediante experimentos y es enunciado de una manera clara y sin influencias políticas, ideológicas o éticas. Esta imagen equipara conocimiento con procedimiento (verdad con método de mostrarla) y valores considerados positivos. Es decir, la ciencia aparece como 'verdadera' porque está fundada en un método 'infalible' propuesto por los propios científicos: el método científico. Esta 'ciencia objetiva' es acompañada frecuentemente por una visión del conocimiento científico como desinteresado, movilizado únicamente por el deseo de saber y ajeno a cualquier mecanismo de poder y sin ninguna relación con aspectos éticos. Para muchos pensadores y científicos, ciencia y ética se constituyen como áreas separadas. Así la ciencia queda vinculada exclusivamente con cuestiones relativas al conocimiento empírico, lo que derivará en la actualidad, en una estrecha relación con la tecnología.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> DGCyE, "La enseñanza de las Ciencias en la ESB" en *Diseño Curricular para la Educación Secundaria. 1º año. Ciencias Naturales*. La Plata, DGCyE, 2007.

A partir de estas afirmaciones resulta adecuado, al cabo de seis años de formación en ciencias en la Escuela Secundaria, incluir en el 6° año de la Orientación en Ciencias Naturales una materia que, además de ser parte de la formación general, aporte una visión filosófica acerca de un campo de conocimientos. Asimismo, esta materia permite que no solo los docentes reflexionen y tengan en cuenta la imagen de ciencia implicada en su enseñanza, sino que los alumnos visualicen, por medio de casos históricos, las distintas concepciones existentes acerca del desarrollo de las ciencias.

En los cursos tradicionales de filosofía de las ciencias los contenidos se organizan a partir de nociones abstractas y se desarrollan desarticulando artificialmente el contexto del descubrimiento, del contexto de justificación de una teoría. Para esta perspectiva de enseñanza se ha adoptado el estudio de casos, que permite tratar integradamente aspectos de filosofía e historia de las ciencias vinculados a los desarrollos tecnológicos de una sociedad en un momento determinado.

En las distintas materias de ciencias en la Escuela Secundaria se ha destacado que resulta importante no sólo el aprendizaje de los conceptos científicos sino también el debate y la postura crítica acerca del impacto social y cultural de la actividad científica.

Dada esta influencia de la ciencia y la tecnología sobre los ciudadanos, parece indispensable que la Escuela Secundaria Orientada en Ciencias Naturales dedique una materia a la reflexión sobre las características propias de las prácticas científicas y tecnológicas. A largo plazo, se espera que esta reflexión prepare a los ciudadanos para la toma de posición sobre el tipo de desarrollos que cree oportuno fomentar en su propia comunidad, la comprensión de las demandas de la sociedad que pueden abordarse desde alguna o varias de las disciplinas en interacción, la valoración de las diferentes tecnologías que pudieran responder a tales demandas en función de valores que esa comunidad desea sostener, y la toma de decisión sobre el tipo de entorno que es deseable para tal comunidad.

Debe señalarse que esta materia será destinada, en el corto y mediano plazo, al desarrollo y profundización de las capacidades de reflexión, análisis, comparación, distinción, identificación y valoración de presupuestos, relaciones, previsión de consecuencias y otras capacidades asociadas con el estudio de las prácticas y productos de la ciencia y la tecnología en los contextos sociohistóricos en los que tienen lugar.

## MAPA CURRICULAR

<b>Materia</b>	Filosofía e historia de la ciencia y la tecnología
<b>Año</b>	6°
<b>Unidades</b>	<b>Unidad 1</b> Las teorías científicas
	<b>Unidad 2</b> Controversias científicas
	<b>Unidad 3</b> Teorías y métodos
	<b>Unidad 4</b> Sucesión de teorías
	<b>Unidad 5</b> Articulación entre teorías
	<b>Unidad 6</b> Ciencias formales y ciencias fácticas
	<b>Unidad 7</b> Ciencias Sociales

## CARGA HORARIA

La materia Filosofía e historia de la ciencia y la tecnología corresponde al 6° año de la Escuela Secundaria Orientada en Ciencias Naturales. Su carga horaria es de 72 horas anuales; si se implementa como materia anual, su frecuencia será de 2 horas semanales.

## OBJETIVOS DE ENSEÑANZA

- Generar en el aula espacios de colaboración entre pares para favorecer el diálogo sobre los fenómenos naturales y tecnológicos que permita distinguir y describir los contextos sociohistóricos de construcción de conocimientos y artefactos.
- Generar situaciones y proponer debates o experiencias en las cuales se pueda diferenciar entre el componente empírico y el conjetural del conocimiento.
- Acompañar a los estudiantes en la construcción del sentido de los aprendizajes en los diversos problemas, actividades y tareas, entendiendo a estos aprendizajes como parte de un proceso de construcción de significados.
- Poner en circulación en el aula la relación entre la imagen de ciencia, la visión acerca de la historia de la ciencia y la concepción sobre el desarrollo tecnológico.

- Mostrar las diferentes maneras en que la historia de las disciplinas pueden abordarse destacando las ventajas y desventajas de cada perspectiva historiográfica.
- Mostrar la diversidad de aproximaciones posibles a una situación problemática dentro del ámbito de esta materia, organizando actividades que combinen situaciones como: búsquedas bibliográficas, debates y consultas con especialistas en los que se pongan en juego los contenidos que deberán aprender los estudiantes.
- Plantear problemas apropiados, a partir de situaciones cotidianas y/o hipotéticas, que permitan ir desde las concepciones previas personales hacia los modelos y conocimientos científicos escolares que se busca enseñar.
- Planificar actividades que impliquen investigaciones escolares, en las cuales se combinen situaciones como: búsquedas bibliográficas, trabajos de laboratorio y consultas con expertos.
- Preparar a los futuros ciudadanos para la toma de posición sobre el tipo de desarrollo científico-tecnológico que cree oportuno fomentar en su propia comunidad.

## OBJETIVOS DE APRENDIZAJE

- Conocer las características propias de las prácticas científicas y tecnológicas y los distintos marcos desde los cuales estas pueden ser interpretadas.
- Identificar características relevantes del contexto sociohistórico en el que tiene lugar una determinada construcción de conocimiento y de artefactos tecnológicos.
- Reconocer, en distintos casos históricos, la interdependencia entre el componente empírico, por un lado, y el marco conceptual y los artefactos de detección, por el otro.
- Analizar la interacción entre los desarrollos tecnológicos y las demandas de la sociedad que permiten ser cubiertas por tales desarrollos, así como el modo en que estos desarrollos afectan las teorías vigentes.
- Utilizar conceptos y procedimientos propios de la filosofía e historia de las ciencias durante las clases para dar argumentaciones y explicaciones de casos históricos o actuales.
- Leer textos de divulgación científica o escolares relacionados con los contenidos de la materia y comunicar, en diversos formatos y géneros discursivos, la interpretación alcanzada.
- Establecer relaciones de pertinencia entre datos experimentales y modelos teóricos y los contextos históricos en que estos se han generado.
- Distinguir la calidad de la información pública disponible sobre asuntos vinculados con la historia de las ciencias y valorar esta información desde los marcos teóricos construidos.

## CONTENIDOS

Los contenidos, como puede verse en el apartado *Mapa curricular*, se han organizado en *unidades*. Cada unidad responde a una problemática de la filosofía de las ciencias que se ha considerado relevante y ha sido objeto de debate en el ámbito académico; adaptadas a lo escolar, permiten visualizar las distintas posturas acerca de las ciencias, su método y su desarrollo.

Asimismo, la perspectiva de enseñanza y tratamiento de estos contenidos se ha organizado mediante *estudios de casos* emblemáticos que, si bien no son los únicos posibles, sirven de modelo a la propuesta.

Por esta razón, cada unidad está organizada en *tres ejes*, que rescatan cada una de las perspectivas en las que los casos de estudio pueden ser abordados; estos ejes, que necesariamente se interrelacionan, son: *filosofía de la ciencia*, *historia de la ciencia* y *desarrollo de las técnicas y la tecnología*. Es decir, que cada una de las unidades estudia un caso histórico como forma de abordaje de los contenidos; cabe destacar que estos casos pueden ser enriquecidos mediante investigaciones escolares, tanto en lo que concierne a la ampliación de información vinculada a cada caso, como la búsqueda de casos análogos.

Los casos de estudio propuestos para esta materia pertenecen a diferentes disciplinas de las ciencias naturales y de la matemática, incluyendo un caso de ciencias sociales para comparar los objetivos y los métodos de estas ciencias con las anteriores. Esta modalidad está pensada para facilitar la identificación de las características comunes y las distintivas de la práctica científica, según cada área de conocimiento. A su vez, esta variedad permite abordar la polémica entre la presunta unidad de método y la especificidad de método en cada disciplina.

Cabe aclarar que la presentación de las unidades no prescribe un orden. Es posible efectuar una organización de los contenidos secuenciada por el eje de filosofía de la ciencia que va tocando los temas que tienen un orden interno desde esta perspectiva (relación entre datos y teorías, contrastación de teorías, progreso, etcétera).

Otra organización posible de los contenidos es a lo largo de problemas de la historia de la ciencia (descripción de los contextos de construcción del conocimiento, el problema de las fuentes en historia, las discusiones sobre las categorías presentistas o contextuales, etcétera).

Finalmente, también es posible una organización a lo largo del desarrollo de la técnica y la tecnología (avance en la precisión, los métodos de detección y cálculo, aumento de la eficacia y la eficiencia, la noción relativa de anomalía según el nivel de precisión y la articulación de disciplinas al interactuar unas con otras en las teorías aceptadas en la construcción de artefactos tecnológicos).

En la tabla que sigue a continuación se presentan las unidades, indicando los contenidos de cada eje y los casos de estudio propuestos.

Unidades	Contenidos			Casos propuestos para el análisis
	Eje: filosofía de la ciencia	Eje: historia de la ciencia	Eje: desarrollo de las técnicas y las tecnologías	
<b>Unidad 1.</b> Las teorías científicas	Observación, datos, hipótesis, hipótesis <i>ad hoc</i> , anomalía, teoría, contrastación, corroboración, refutación, hipótesis auxiliares, comunidad científica, cosmovisión.	Contexto histórico. Fuentes históricas. Criterios de simplicidad, coherencia y éxito explicativo. Cambio teórico.	Carga teórica de la observación asociada a instrumentos. Primeras nociones de progreso científico y progreso tecnológico.	La revolución copernicana.
<b>Unidad 2.</b> Controversias científicas	Teorías rivales. Posición internalista y externalista respecto al desarrollo de la ciencia. La idea del experimento crucial y sus críticas.	Perspectivas historiográficas: <i>whig</i> , <i>antiwhig</i> , <i>anti-antiwhig</i> , presentismo, anacronismo, diacronismo, contextualismo. Repercusión que cada perspectiva tiene sobre la noción de progreso científico.	Desarrollo de instrumentos. Relativa autonomía del cambio tecnológico sobre la base de la noción de precisión.	Pasteur-Pouchet y la generación espontánea.
<b>Unidad 3.</b> Teorías y métodos	Método inductivo, método hipotético deductivo. Las teorías como estructuras. La explicación científica en sus formulaciones tradicionales: por cobertura legal, estadístico-inductiva, teleológica, causal.	El problema de establecer antecesoros en las ideas científicas. La reconstrucción racional de la historia de la ciencia.	Instrumentos de medida avalados por teorías Racionalidad "de medios a fines" en tecnología. La discusión sobre la racionalidad de los fines.	Mendel y la genética.
<b>Unidad 4.</b> Sucesión de teorías	Evolución de las teorías referidas a un mismo ámbito. El problema de la incommensurabilidad y la continuidad en los conceptos y en los resultados. La carga teórica en toda observación. El problema de la puesta a prueba de las teorías.	Los antecesoros sobre el progreso en ciencia de acuerdo con las diferentes perspectivas en la nueva filosofía de la ciencia.	Las teorías auxiliares como instrumentos de medida (técnica del C <sup>14</sup> para la datación).	Evolucionismo en Biología.

<p><b>Unidad 5.</b> Articulación entre teorías</p>	<p>Distinción entre ciencia teórica y ciencia experimental, y ciencia básica y ciencia aplicada. Análisis crítico de estas distinciones y estudio de la interacción entre estos campos.</p>	<p>Descubrimientos al azar: Serendipia.</p>	<p>Noción de sensibilidad de los instrumentos. Influencia de estas nociones sobre la corroboración y refutación.</p>	<p>Desarrollo de la cosmología actual.</p>
<p><b>Unidad 6.</b> Ciencias formales y ciencias fácticas</p>	<p>Distinción ciencias formales y ciencias fácticas. Primitivos, fórmulas bien formadas, axiomas, teoremas. Noción de verdad en ciencias formales. Completitud, consistencia e independencia de los sistemas. Modelos de un sistema axiomático.</p>	<p>Surgimiento de la geometría física en antiguo Egipto. Su relación con la geometría griega.</p>		<p>El surgimiento de las geometrías no euclidianas.</p>
<p><b>Unidad 7.</b> Ciencias Sociales</p>	<p>Positivismo. Historicismo. Leyes y normas y el problema de la predicción en ciencias sociales. Comprensión y explicación. Naturalismo y antinaturalismo.</p>	<p>Historias hipotéticas. Aspectos éticos de la investigación científica que forman parte de la metodología.</p>		<p>El experimento de Milgram.</p>

## ORGANIZACIÓN DE LOS CONTENIDOS

### Unidad 1. Las teorías científicas

*Observación, datos, hipótesis, hipótesis ad hoc, anomalía, teoría, contrastación, corroboración, refutación, hipótesis auxiliares, comunidad científica, cosmovisión. Carga teórica de la observación asociada a instrumentos. Criterios de simplicidad, coherencia y éxito explicativo. Cambio teórico. Primeras nociones de progreso científico y progreso tecnológico.*

En esta unidad se trabajará a partir del problema histórico del surgimiento del geocentrismo (revolución copernicana) como caso de estudio dado el interés que suscita su coherencia interna y su gran poder explicativo para la época. Se intentará poner de manifiesto la adecuación de la teoría para los datos y la precisión de la época, a la vez que se destacarán los datos anómalos que podrían tomarse como pista de inadecuación. Dentro del caso juega un papel esencial el problema de la observación con instrumentos (que será tratado en varias unidades a lo largo de la materia) y la organización de los datos bajo un marco teórico o cosmovisión compatible con las demás creencias de cada época.

A partir del análisis del caso se abordará la noción de hipótesis *ad hoc* distinguiendo las dos nociones que se encuentran habitualmente en la literatura científica: hipótesis que surgen para sobrellevar casos anómalos, pero pasibles de ser puestas a prueba independientemente de estos casos; o bien hipótesis que no tienen modo de ponerse a prueba independientemente del caso anómalo.

Son varios los episodios a analizar en los que se recurre a la utilización de hipótesis *ad hoc*: la formulación de nuevos epiciclos para dar cuenta de las posiciones de los astros en el cielo, la propuesta de Copérnico de que las estrellas deben estar muy lejos (para la precisión de la época), para no mostrar el efecto de paralaje, los efluvios que Kepler pensó que eran responsables de la forma elíptica de las órbitas, la inercia propuesta por Galileo para afrontar el resultado de que los objetos caen en la vertical del lugar, etcétera.

Este caso permite también iniciar el tratamiento, que vuelve a aparecer en otras unidades, acerca de las diferentes concepciones sobre los cambios de teorías: la noción de paradigma, revolución científica, los programas de investigación, la ciencia como empresa de resolución de problemas, las controversias científicas, la articulación entre teorías sucesivas, el problema de la inconmensurabilidad. Es claro que las distintas perspectivas mencionadas no deben ser tratadas en total profundidad ya que muchas de ellas volverán a tratarse en otras unidades.

También puede aprovecharse este caso de estudio para analizar el problema de encontrar teorías antecesoras, noción que también se retoma en las unidades 3 y 4. Por ejemplo, se suele mencionar a Aristarco como antecesor de las ideas de Copérnico.

Dado que el caso histórico abarca un período que se suele identificar con el del surgimiento de la ciencia moderna, es propicio para la distinción entre técnica y tecnología y poner en evidencia el papel de la experimentación y los datos para decidir sobre las hipótesis. Un recorrido por algunos instrumentos de medición típicos de la antigüedad puede ser útil para ilustrar la capacidad de cálculo y organización de los datos.

Es crucial que se analicen las modificaciones que introduce la invención del telescopio y los avances que permitió el cálculo infinitesimal en la unificación de la astronomía y la física. Se debe hacer notar también que la distinción disciplinar, tal como la conocemos en la actualidad, no es del todo aplicable a tales períodos históricos, lo mismo que la delimitación entre ciencia, no ciencia y pseudo-ciencia.

Se puede promover en el aula una discusión en grupos sobre los distintos modelos presentados, y ejercitar el debate en torno a las ventajas y desventajas de cada uno para explicar y predecir los movimientos celestes, detectar sus anomalías y proponer maneras de sobrellevar las anomalías o dirimir las diferencias.

Para esta unidad se puede considerar la inclusión de simulaciones computacionales del movimiento de los astros vistos desde la Tierra y desde un punto exterior al sistema en estudio para comparar los diferentes modelos explicativos (estas simulaciones están disponibles en distintos sitios de internet; también pueden realizarse en las netbooks de Conectar igualdad).<sup>2</sup> También es posible el estudio de distintos instrumentos disponibles en la época antigua y medieval como el astrolabio, los mapas de la antigüedad, los métodos de navegación y las distintas maneras de medir el tiempo.

## Unidad 2. Las controversias científicas

*Teorías rivales. Posición internalista y externalista respecto al desarrollo de la ciencia. Comunidad científica. La idea del experimento crucial y sus críticas. Perspectivas historiográficas: whig, antiwhig, anti-antiwhig, presentismo, anacronismo, diacronismo, contextualismo. Repercusión que cada perspectiva tiene sobre la noción de progreso científico. Desarrollo de instrumentos. Relativa autonomía del cambio tecnológico sobre la base de la noción de precisión.*

El problema de las controversias entre teorías o modelos científicos que pugnan por explicar un mismo conjunto de situaciones experimentales siempre ha sido de interés, sobre todo porque ha suscitado debates acerca de si deben existir criterios únicos que permitan decidir entre una de la teorías o modelos. En esta unidad se propone abordar el tema de la controversia científica desde una perspectiva historiográfica a partir de la cual se podrá introducir la distinción internalismo-externalismo. Se destacarán los aspectos relacionados con la comunidad científica, el estudio de los actores sociales mediante el recurso a las biografías científicas, las técnicas utilizadas en la época y la conformación del consenso en la comunidad científica.

Para el tratamiento de los contenidos se propone utilizar el caso histórico de la discusión sostenida a mediados del siglo XIX entre Pasteur y Pouchet acerca de la generación espontánea. Este debate no tiene su origen en el siglo XIX, sino que había sido iniciada por Jan van Helmont (1577-1644), continuado por Francisco Redi (1626-1697), quien afirmaba haber logrado la refutación de la generación espontánea en gusanos, y continuó hasta pleno siglo XIX en el conocido debate que se propone como caso histórico para el tratamiento de esta unidad.

El caso es interesante para el estudio de las perspectivas *whig*, *antiwhig* y *anti-antiwhig* (en terminología de Merton), la elaboración de historias hipotéticas y señalar el valor de las elecciones casuales en los resultados del desarrollo de la ciencia. Se analizará el impacto que la invención del microscopio tuvo en esta polémica y el surgimiento de la microbiología.

<sup>2</sup> Pueden verse en [http://videos.educ.ar/play/Disciplinas/\\_Fisica/Movimiento\\_de\\_los\\_planetas](http://videos.educ.ar/play/Disciplinas/_Fisica/Movimiento_de_los_planetas). También puede consultarse en <http://secuencias.educ.ar/mod/resource/view.php?id=4713>

Un punto muy interesante para retomar a partir de este debate es el impacto sobre el tratamiento de epidemias, ya que hasta entonces las explicaciones clásicas del *higienismo aerista* (esencialmente infeccionistas) dejan de ser satisfactorias y dan lugar a las explicaciones fundadas en un *contagionismo* estricto.

Se promoverá la discusión sobre los aspectos que pueden ser tenidos en cuenta a la hora de evaluar una controversia científica. Puede recurrirse al uso de biografías científicas para analizar la polémica en cuestión.

En cuanto a la polémica sobre internalismo-externalismo se sugiere el análisis de las películas *Un milagro para Lorenzo* o *Y la banda siguió tocando*, y la elaboración posterior de informes sobre los criterios que se ponen en juego al sostener hipótesis.

Respecto de las perspectivas historiográficas; se sugiere que los estudiantes se ejerciten en elaborar diferentes narrativas de este caso histórico o de otros tomando para cada narrativa una postura historiográfica específica y explicitada.

El caso propuesto no es el único posible para tratar los contenidos propuestos, también puede tomarse para esta unidad la controversia entre los partidarios de Newton y Young acerca de la naturaleza de la luz.

### Unidad 3. Teorías y métodos

*Método inductivo, método hipotético deductivo. Las teorías como estructuras. El papel de los términos introducidos por cada teoría (términos teóricos para esa teoría). La explicación científica en sus formulaciones tradicionales: por cobertura legal, estadístico-inductiva, teleológica, causal. El problema de la articulación entre teorías. El problema de establecer antecesores en las ideas científicas. Instrumentos de medida avalados por teorías. Racionalidad "de medios a fines" en tecnología. La discusión sobre la racionalidad de los fines.*

Al estudiar los experimentos realizados por Gregor Mendel y relacionarlos con los conocimientos de genética actual (ya estudiados en años anteriores en Biología) se abordará el debate acerca de la existencia de un único "método científico", y las posturas que distintos autores han elaborado acerca del método según el cual procede (o debe proceder) la ciencia: método inductivo, hipotético deductivo, la explicación científica, el problema de la articulación entre teorías sucesivas (de Mendel a la genética actual) y la noción de progreso tradicional (defendida hasta mediados del siglo xx).

En esta unidad se estudiará, mediante el análisis del caso de Mendel, el problema de cuáles son datos válidos para construir una historia de la ciencia, cuál es el aporte que hacen las distintas fuentes históricas, y el problema de la reconstrucción racional del desarrollo científico.

Se planteará el problema de los antecesores (Mendel como "padre de la genética") y se valorarán las novedades tecnológicas que permitieron el paso de la teoría de Mendel a la genética clásica, a los descubrimientos de Morgan y finalmente a la genética asociada al ADN. En esta sucesión, es útil señalar la invención de microscopios de nuevas generaciones como el de barrido electrónico o el de efecto túnel. Esto permite visualizar la interdependencia existente entre los desarrollos logrados en distintos campos de la ciencia.

A partir de este caso se analizarán y debatirán las nociones de explicación científica, articulación de teorías de distintas disciplinas (química, física y biología) que vuelven a aparecer en la Unidad 4 y se introducirán las nociones de eficacia, eficiencia y racionalidad mesológica (razón direccionada a descubrir qué medios son adecuados para alcanzar los fines).

La posibilidad tecnológica de manipulación genética permite introducir valores no epistémicos que impregnan los lineamientos del desarrollo científico y tecnológico y que deben debatirse en una sociedad democrática. Este caso puede tratarse en articulación con contenidos de la materia Biología, genética y sociedad de este 6º año.

Para tratar los contenidos de esta unidad, además del análisis del caso de Mendel y la genética actual, se sugieren para el tratamiento de los valores no epistémicos las siguientes películas: *Blade Runner* y *Gataca*. A su vez, para el tratamiento de los temas de metodología resulta muy adecuada la película *Despertares*.

En cuanto a las etapas típicas del método, se propone el análisis de las dificultades de cada una de estas etapas y no su sola mención. Por ejemplo, analizar qué dificultades debió enfrentar Mendel al recolectar información de sus plantas, qué aspectos son relevantes para la observación, cuál es el criterio para decidir que se cuenta con un gran número de observaciones, cuáles son los criterios para decidir que los datos son confiables, qué presuposiciones se deben hacer al obtener plantas de generaciones sucesivas, etcétera.

En cuanto a la sucesión de desarrollos tecnológicos se sugiere que diferentes grupos expongan el funcionamiento de los distintos microscopios y en qué condiciones las observaciones por medio de estos no serían confiables. Esto pondrá en evidencia la interdependencia entre suposiciones teóricas y obtención de datos.

#### Unidad 4. Sucesión de teorías

*Sucesión de teorías. Evolución de las teorías referidas a un mismo ámbito. Comunidad científica y consenso. El problema de la inconmensurabilidad y la continuidad en los conceptos y en los resultados. La carga teórica en toda observación. Subdeterminación de la teoría por los datos y el problema de la puesta a prueba de las teorías. Discusiones sobre el progreso en ciencia de acuerdo con las diferentes perspectivas en la nueva filosofía de la ciencia. Las teorías auxiliares como instrumentos de medida.*

Las visiones ingenuas acerca de la historia de la ciencia tienden a creer que las sucesivas teorías que se ocupan de un mismo ámbito de la naturaleza se van "perfeccionando" para dar lugar progresivamente a un saber que es cada vez más adecuado a la realidad. En esta visión las sucesivas teorías son aproximaciones a la comprensión de un mismo fenómeno o problema.

Para analizar esta problemática se abordará, en esta unidad, el caso de la sucesión de teorías en biología, en particular se tratará la secuencia de teorías biológicas acerca de la diversidad de especies: fijismo, transformismo y evolucionismo (y sus autores más representativos: Cuvier, Lamarck y Darwin-Wallace). Se analizará la pertinencia de agruparlos según sus propuestas fundamentales y se identificarán las diferencias entre tales propuestas recuperando de manera crítica la noción de *antecesor*. De este modo, se facilitará la introducción de nociones como paradigma kuhniano o programa de investigación lakatosiano.

Al estudiar cómo interpretar las sucesivas teorías, es inevitable incluir la articulación de teorías de distintas disciplinas,<sup>3</sup> (la manera en que la teoría de Darwin y Wallace contrasta con los cálculos sobre la edad de la Tierra y cómo se articula con el uniformismo en geología). En cuanto a la articulación entre distintos campos de la ciencia, se destacará la información que las teorías de la evolución obtienen en la actualidad de la datación de fósiles basada en isótopos radiactivos y la información extraída de los diferentes estratos o capas de sedimentación en el suelo.

Al tratar estas temáticas será necesario presentar la llamada "nueva filosofía de la ciencia" destacando sus características distintivas: la carga teórica de la observación (tanto la asociada al uso de instrumentos ya abordada en unidades anteriores, como la asociada a cualquier observación dada la cultura, historia y capacitación del observador) y la *subdeterminación* de la teoría por los datos.

Sobre este último punto, vale la pena destacar que la tesis de Duhem-Quine<sup>4</sup> debe aprovecharse en varios aspectos. Por un lado, puede mostrar que una serie finita (incluso una serie alineada) de puntos en un plano puede ajustarse con infinitud de curvas y que la elección de la más simple (por ejemplo la recta) obedece a criterios metateóricos como el de simplicidad. Por otro, abre el lugar a considerar las controversias científicas, como lo habitual de la práctica científica, y al consenso como una construcción.

Otro aspecto importante a tratar en esta unidad es el referente a los "experimentos cruciales". Si toda colección de datos admite más de una interpretación o hipótesis, entonces desde un punto de vista estricto no hay posibilidades de dirimir una controversia entre teorías rivales por medio del agregado de datos.

Sin embargo, debe mostrarse que los experimentos cruciales también tienen un valor retrospectivo para la historia de la ciencia y sirven para desestimar conjuntos específicos de afirmaciones: una vez observado que el fenómeno de las estrellas novas no ocurre en la atmósfera sino mucho más lejos que la Luna, no es posible sostener el geocentrismo en su versión inicial con una zona supralunar inmutable.

Se propone que los alumnos, en grupos, estudien las respuestas de los distintos autores que han tratado este tema (la sucesión de teorías): Thomas Kuhn, Imre Lakatos y Larry Laudan. Para cada uno de ellos resulta interesante comparar no solo su visión de las sucesivas teorías, sino también analizar *la noción de progreso* de la ciencia que deriva de los distintos marcos filosóficos, por ejemplo:

- paradigmas, revoluciones científicas, ciencia normal y ciencia extraordinaria;
- programas de investigación, reconstrucción racional de la historia;
- valores, métodos y teorías. Problemas empíricos y problemas conceptuales.

Desde el eje de Historia de la ciencia, esta unidad pone énfasis en los aspectos diacrónicos de la ciencia y fundamentalmente en la irrupción de las nuevas perspectivas en filosofía de la ciencia, la importancia de la comunidad científica y qué cosas constituyen un problema para la comunidad en cada época.

<sup>3</sup> Este tema es objeto de tratamiento en la Unidad 5.

<sup>4</sup> La tesis de Duhem-Quine establece que es imposible poner a prueba de forma aislada una hipótesis científica, porque un experimento empírico requiere asumir como ciertas una o más hipótesis auxiliares (también llamadas asunciones antecedentes).

Una aplicación de lo estudiado en esta unidad puede ser que los alumnos comparen las creencias precientíficas sobre la herencia y la evolución que están implícitas en la cultura (como la herencia por sangre o la ley de uso y desuso, por ejemplo), con las afirmaciones que los científicos han hecho a lo largo de la historia.

## Unidad 5. Articulación entre teorías

*Articulación y unificación entre teorías y disciplinas. Descubrimientos al azar (serendipia). Noción de sensibilidad de los instrumentos. Modificación de las nociones de anomalía, corroboración y refutación de acuerdo con las nociones de precisión y sensibilidad. Distinción entre ciencia teórica y ciencia experimental, y ciencia básica y ciencia aplicada. Análisis crítico de estas distinciones y estudio de la interacción entre estos campos. Relación entre estas interacciones, los desarrollos tecnológicos y las demandas sociales.*

El estudio de las cosmologías actuales permite abordar las nociones de unificación, articulación e integración que presentan las disciplinas en la actualidad (por ejemplo, el estudio de los fenómenos estelares y los resultados en aceleradores de partículas).

Dada la aparentemente nula repercusión que la cosmología puede tener en aspectos prácticos para la sociedad, parece útil analizar el fenómeno de la *Big Science* (grandes inversiones en aceleradores de partículas y exploración espacial), relacionándolo con el contexto histórico en el que se desarrolló la revolución copernicana y su también aparente inutilidad práctica.

En el proceso de construcción de las teorías vigentes actuales, como la del *Big Bang*, debe señalarse nuevamente la aparición de datos inesperados (serendipia), resaltando el papel de los descubrimientos casuales a lo largo de la historia de la ciencia (véase el caso de Penzias y Wilson al detectar la radiación cósmica de fondo).

Además de señalarse nuevamente el aumento en la precisión, este tema permitirá introducir el concepto de "sensibilidad" para destacar la capacidad de aumentar la relación señal-ruido y así obtener información de radiación aparentemente insignificante o porciones de energía existentes durante lapsos extremadamente cortos. En este caso, se destacarán como instrumentos de medición y detección los radio-observatorios y los aceleradores de partículas.

Son pertinentes aquí las investigaciones sobre aceleradores de partículas (tema también abordado en la materia Física, de 5º año) y los instrumentos para detectar partículas subatómicas. Tales investigaciones permiten discutir el nivel de carga teórica involucrado en la obtención de datos en el panorama actual de la ciencia y los desarrollos tecnológicos que la ciencia básica promueve en sus experimentos. Asimismo, instalan el debate sobre la repercusión en áreas de aplicación, como la medicina nuclear, que han tenido los desarrollos para experimentos en el pasado.

Las discusiones sobre el origen y futuro del universo, que tienen gran difusión en videos de divulgación científica, son buenos puntos de partida para volver sobre el problema de la subdeterminación de la teoría por los datos (por ejemplo, la discusión sobre la materia oscura que da cuenta de una amplia revisión del conocimiento establecido hasta ahora). Otra investigación de interés es la búsqueda de casos que involucren descubrimientos científicos en los que ha jugado un papel importante la casualidad de alguna observación (por ejemplo, el descubrimiento de Fleming asociado con la penicilina).

## Unidad 6. Ciencias formales y ciencias fácticas

*Distinción ciencias formales y ciencias fácticas. Sistemas axiomáticos. Primitivos, fórmulas bien formadas, axiomas, teoremas. Noción de verdad en ciencias formales. Completitud, consistencia e independencia de los sistemas. Axiomatización e interpretación. Modelos de un sistema axiomático. Razonamientos válidos y no válidos. Falacias. Método indirecto.*

Uno de los puntos más interesantes en los debates sobre epistemología es la distinción entre ciencias fácticas y formales y el significado de "verdad" de los enunciados de cada una de ellas. En esta unidad se discutirá y se propondrán criterios para la distinción entre ciencias formales y fácticas, distinguiendo como caso particular la geometría como ciencia formal (con teoremas), de la geometría del espacio o geometría física como ciencia fáctica (con mediciones en el terreno).

Se estudiarán los elementos empleados en los sistemas axiomáticos y los métodos deductivos utilizados para justificar los teoremas a partir de los axiomas (no es necesario desarrollar con demasiado detalle los métodos deductivos de la lógica, pero se deben introducir algunas reglas de inferencia para mostrar los métodos típicos de estas ciencias). En particular, se mostrarán ejemplos sencillos de la demostración por el absurdo. Como caso de interés para este método se estudiará el caso histórico del quinto postulado de Euclides, que da lugar al surgimiento de las geometrías no euclidianas. Se analizarán las características de completitud, consistencia e independencia de los sistemas axiomáticos y se ilustrará con diferentes sistemas interpretados como reglas de juego.

Se presentarán las nociones de axiomatización e interpretación como la interacción entre las ciencias fácticas y las formales (por ejemplo, la representación en ecuaciones de un problema de física de caída libre, el cálculo de los resultados y la posterior interpretación de los resultados, respectivamente). Se explicitará, también, la relación entre sistemas axiomáticos completos, consistentes e independientes con los casos de interpretación como sistemas jurídicos, programas de computación y reglas de algún juego de mesa.

Es importante mostrar que el crecimiento de un sistema jurídico implica acrecentar el sistema de axiomas (que corresponde en caso de imaginarlo axiomatizado) y que tal crecimiento conlleva el riesgo de resultar en un sistema inconsistente si no se derogan con anterioridad las leyes que puedan entrar en conflicto con las nuevas normativas. Se analizarán las consecuencias de tener un sistema jurídico incompleto, los de un sistema inconsistente y los de uno dependiente.

Del mismo modo, se puede mostrar que el desarrollo de un programa (*software*) con módulos incompatibles o incompletos lleva a la falla del sistema y a la incapacidad de operación del *hardware*.

Respecto al surgimiento de la geometría física en el antiguo Egipto, se estudiarán los primeros métodos de la geometría física asociados con la medición de los terrenos y la organización teórica bajo un método deductivo realizada por Euclides en el plano de la geometría formal. Se relacionará esta organización con lo que se entendía como método adecuado para la organización del conocimiento: el método deductivo, según el cual todo conocimiento se debe obtener por deducción a partir de enunciados autoevidentes (de allí la importancia de los silogismos en la lógica aristotélica y otras surgidas en la época y discutidas durante siglos).

Esta unidad está pensada para el estudio de los métodos de las ciencias formales, pero resaltando su conexión y distinción con las ciencias fácticas. Por ejemplo, no se aplican a las ciencias formales las consideraciones sobre el avance de los instrumentos de medición, pero sí las del avance en los métodos de cálculo, heurísticas computacionales para la búsqueda de demostraciones, etcétera.

El abordaje de sistemas axiomáticos particulares se verá facilitado por la noción de regla de juego. La confección de juegos cuyas reglas conformen un sistema completo consistente e independiente de las acciones que puedan realizarse en él, es un primer ejercicio adecuado para la comprensión de los conceptos de ciencias formales. Así, el uso de modelos, entendidos como casos empíricos que instancian la axiomática del sistema, es la plataforma concreta para la elaboración de conceptos abstractos.

Un segundo ejercicio puede ser la búsqueda de un segundo modelo que cumpla con la misma axiomática. Esto favorece la identificación de la estructura abstracta y su diferencia con cada uno de los modelos que la cumplen.

En cuanto al tema de las geometrías no euclidianas se sugiere el uso de maquetas de superficies curvas que pueden aproximarse por superficies planas y en las que la suma de los ángulos interiores de un triángulo no es  $180^\circ$ , por ejemplo, las superficies con curvatura positiva (esféricas convexas: exterior de una cuchara) y negativa (silla de montar o superficies cóncavas como el interior de una cuchara). Esto permite visualizar la diferencia entre modelos bidimensionales que cumplen la axiomática euclídea de los que no la cumplen.

Se sugiere también analizar teoremas sencillos como el de Tales o el de Pitágoras y comparar sus demostraciones con la constatación de que sus afirmaciones se cumplen en el mundo empírico con un cierto grado de precisión. Así, se distinguen dos tareas diferentes según se trate de afirmaciones de las ciencias formales o de las ciencias fácticas.

Respecto de los métodos deductivos se sugiere que los estudiantes analicen diferentes esquemas para distinguir los razonamientos válidos de los no válidos y que puedan identificar con destreza los razonamientos falaces. Este tipo de destreza puede ser profundizado con el uso de juegos sencillos como el sudoku (cuadrado mágico) o equivalentes (sokoban y otros en juegos de PC) que se resuelven por inferencias válidas. Estas capacidades son propias del pensamiento formal, que puede ser estimulado a partir de estas actividades.

## Unidad 7. Ciencias Sociales: el experimento de Milgram

*Positivismo. Historicismo. Leyes y normas y el problema de la predicción en ciencias sociales. Comprensión y explicación. Naturalismo y antinaturalismo. Tradiciones hermenéuticas. Círculo hermenéutico. Relativismo y antirelativismo. Historias hipotéticas. Aspectos éticos de la investigación científica que forman parte de la metodología.*

En esta unidad se usará el experimento realizado por Stanley Milgram en Yale en la década de 1960 como caso para debatir y abordar la discusión sobre los métodos empleados y los resultados obtenidos en ciencias sociales. Se tratará la polémica naturalismo-antinaturalismo respecto de métodos y objetivos de estas disciplinas y las posiciones positivistas-historicistas acordes a la polémica. Esta unidad cumple, al igual que la anterior sobre ciencias formales, un papel de comparación y contraste entre las prácticas de las ciencias sociales y las ciencias naturales.

Esto permitirá a los estudiantes sopesar que, aun en el caso de disciplinas que no parecen seguir los estándares de las ciencias naturales, existen estándares de rigurosidad y sistematicidad que respaldan lo expresado como conocimiento por sus investigadores. Asimismo, las corrientes interpretativas exhiben un arco de variantes que va desde las que priorizan las intenciones de los agentes hasta las que otorgan sentido a las acciones solamente desde la perspectiva del intérprete. Al igual que los métodos en ciencias naturales, han mostrado una evolución desde las propuestas inductivistas iniciales hasta las perspectivas actuales y siguen en discusión; es preciso señalar que lo mismo ocurre en las corrientes interpretativistas.

Una visión positivista y experimental de las ciencias sociales que plantee como objetivo el establecimiento de leyes que permitan explicar hechos sociales por medio de causas sociales debe sopesarse en sus éxitos y fracasos. Por un lado, muchos de los resultados de las ciencias sociales permiten predicciones y explicaciones, aun cuando sean sobre la base de regularidades estadísticas. Pero tales regularidades, pasan por alto los motivos, contextos personales e historia de cada agente, sin mencionar que no parecen dejar lugar a la discusión sobre el libre albedrío.

En contraposición, las corrientes historicistas, al proponer como objetivo la comprensión de los actos humanos y no la explicación legaliforme o causal, parecen echar luz sobre los motivos y condiciones sociohistóricas que llevaron a los agentes a tomar los cursos de acción que efectivamente tomaron, o incluso a otorgar sentido a sus acciones más allá de sus propias convicciones.

En la actualidad, más que una posición antagónica entre las corrientes naturalistas y las hermenéuticas, se concibe a éstas últimas como complementarias por brindar información, comprensión y explicación de aspectos diferentes de la acción humana. La discusión debe mostrar la incompletitud de cada una de las visiones tomadas aisladamente y así comprender su coexistencia, sin dejar de analizar las diferentes maneras de aproximarse al problema.

En esta misma unidad se aprovechará para profundizar el problema de la ética en la investigación científica: la dificultad en configurar un arreglo experimental (ciego o doble ciego) con asignación al azar a los distintos grupos al tratarse, por ejemplo, de estudios con enfermos terminales; el problema de observar a las personas sin su consentimiento y el de los límites en los estímulos a los que puede someterse a una persona a pesar de su consentimiento.

Se analiza el contexto y los motivos que llevaron a la realización del experimento y la interpretación de los resultados, y diversas consecuencias sobre la manera en que se comprenden los episodios históricos en relación con las acciones humanas, en el marco de la obediencia a la autoridad.

Se sugiere presentar el experimento mediante algún video (de internet)<sup>5</sup> y promover la discusión acerca de los siguientes puntos: posibilidad de predecir en ciencias sociales, distinción entre predicción estadística y predicción de casos particulares, posibilidades de arreglos experimentales, dificultades de los arreglos experimentales, límites en el tipo de investigación, implicancias de los resultados, interpretación de casos históricos a la luz de los resultados, capacidad para comprender los motivos de los agentes, tipo de abordaje necesario para acceder a tales motivaciones, diferencias que puedan surgir con los métodos conocidos en ciencias naturales, papel del observador en ciencias sociales, perturbación de la observación, predisposiciones del investigador, entre otros.

<sup>5</sup> Por ejemplo <http://www.youtube.com/watch?v=d1p-2Yjj8Ao>, sitio consultado en 30 de Septiembre de 2011

Adicionalmente, se recomienda la película *Babel* para generar la discusión sobre la comprensión de las acciones humanas individuales y las dificultades del intérprete en otorgar sentido a los actos ajenos debido a diferentes aspectos (culturales, lingüísticos, grupo de pertenencia y personales). También, se sugiere que los estudiantes continúen la trama de la película elaborando diferentes desarrollos posibles a partir de los datos de la historia, y que analicen el proceso de construcción de aquello que cuenta como "dato" en Ciencias Sociales.

## ORIENTACIONES DIDÁCTICAS

Como lineamiento general, se sugiere que los contenidos relativos a los tres ejes: Filosofía de la ciencia, Historia de la ciencia y Desarrollo de las técnicas y las tecnologías sean abordados siempre en relación a un caso de estudio, tal como se explicitó en la organización de los contenidos. De este modo, se evita que estos contenidos queden desvinculados de sus contextos de construcción.

La intención de esta materia no es recorrer la secuencia: método inductivo, método hipotético deductivo, paradigmas, programas de investigación, de manera aislada de los casos que parecen dar respaldo a las distintas propuestas en filosofía de la ciencia, sino usar los casos como elemento de debate y mostrar estos "métodos" como construcciones a posteriori que permiten analizarlos.

En este apartado se proponen orientaciones para el trabajo en el aula, a partir de los contenidos establecidos para este año. Las orientaciones se presentan como actividades, no en el sentido de "ejercitaciones" para los estudiantes, sino prácticas sociales específicas, compartidas y distribuidas entre todos los participantes en el ámbito del aula y que puedan ser llevadas al nivel institucional y comunitario, extendiendo el ámbito de intervención de los estudiantes. Prácticas que son coherentes con el enfoque de enseñanza de esta materia y que implican una promoción de tales prácticas y actitudes por parte del docente.

De acuerdo con el enfoque de enseñanza propuesto para esta materia y en consonancia con los fundamentos expuestos en este Diseño, se señalan dos grandes pilares del trabajo en el aula, que si bien no deberían pensarse ni actuarse en forma aislada, constituyen al menos entidades separadas a los fines de su presentación. Estos pilares son:

- hablar, leer y escribir sobre temas de ciencia, su filosofía y su historia;
- estudiar casos sobre el desarrollo histórico de la ciencia.

### HABLAR, LEER Y ESCRIBIR SOBRE TEMAS DE CIENCIA, SU FILOSOFÍA Y SU HISTORIA

La comunicación es una actividad central de la enseñanza y aprendizaje en todo ámbito y constituye un elemento fundamental en la enseñanza, lo que significa que debe ser explícitamente trabajada, dando tiempo y oportunidades variadas para operar con ella y sobre ella.

Como dice Lemke "[...] no nos comunicamos sólo a través del intercambio de signos o señales, sino gracias a la manipulación de situaciones sociales. La comunicación es siempre una creación de una comunidad".<sup>6</sup> Comunicar ideas respecto de las ciencias y su historia implica tanto manejar los términos específicos de las disciplinas científicas como establecer puentes entre este lenguaje específico y el lenguaje más coloquial en el que se expresan las necesidades de las diversas comunidades que tienen intereses y miradas específicas sobre ese mismo tema.

Por ello, se pretende que en las clases de Filosofía e historia de la ciencia y la tecnología se favorezcan por parte del docente los intercambios de ideas, opiniones y fundamentos como prácticas habituales en el desarrollo del trabajo.

<sup>6</sup> Lemke, Jay, *Aprender a hablar ciencias*. Buenos Aires, Paidós, 1997.

Son conocidas las dificultades que enfrentan los estudiantes con el lenguaje en las clases. Es habitual comprobar que evidencian dificultades para diferenciar hechos observables e inferencias, identificar argumentos significativos y organizarlos de manera coherente. Otras veces no distinguen entre los términos de uso científico y los de uso cotidiano, y por ende los utilizan en forma indiferenciada. Además, a menudo, o bien escriben oraciones largas con dificultades de coordinación y subordinación, o bien muy cortas sin justificar ninguna afirmación.

Es decir, las complicaciones que experimentan los estudiantes en relación con las prácticas de lenguaje propias de las materias escolares –sobre todo aquellas que, como las que aquí se tratan, deben incorporar para la comprensión de sus principales concepciones, términos específicos de campos disciplinares diversos– solo pueden superarse por medio de un trabajo sistemático y sostenido con el discurso, en el contexto en que tales prácticas se significan.

Las habilidades discursivas que requieren las descripciones, las explicaciones y las argumentaciones, como expresiones diversas pero características de las ciencias, constituyen formas de expresión del lenguaje científico, caracterizadas por contenidos propios. Por lo tanto, no es posible pensar que las mismas pueden ser enseñadas exclusivamente en las clases de lengua. Es precisamente en las clases de ciencia, donde los géneros específicos adquieren una nueva dimensión al ser completados por los términos que les dan sentido. Y así como cualquier persona es capaz de hablar y comunicarse en el lenguaje de su propia comunidad, todo estudiante es capaz de aprender el lenguaje característico de la filosofía de las ciencias, si el mismo se pone en circulación en las aulas.

El lenguaje es un mediador imprescindible del pensamiento. Los conceptos se construyen y se reconstruyen, social y personalmente, a partir del uso de las expresiones del lenguaje que se manejan dentro de un grupo que les confiere sentido. Por ello, es el aula el ámbito donde tales sentidos se construyen, por supuesto, a partir de palabras y expresiones del lenguaje, pero con una significación propia y gradualmente más precisa.

Así como es importante la discusión y el debate de ideas para la construcción del conocimiento científico, también será necesario para la construcción del conocimiento escolar, dar un lugar importante al debate de las ideas en el aula y al uso de un lenguaje personal que combine los argumentos racionales y los retóricos, como paso previo y necesario, para que el lenguaje propio de las temáticas epistemológicas e históricas se vuelva significativo para los estudiantes.

Este cambio de perspectiva es importante, ya que presupone una revisión de la manera tradicional de plantear las clases. Por lo general, las clases se inician informando –exponiendo– los conceptos de forma ya “etiquetada” mediante definiciones (como método deductivo o hipótesis, por ejemplo), para pasar luego a los ejemplos y, por último, a los problemas “reales”. Lo que aquí se expresa, en cambio, es un recorrido que vaya desde el análisis de un caso, tomado como una narrativa coloquial, hacia la explicación del mismo, para lo cual surgirá la necesidad de incorporar un lenguaje, unos conceptos y unas prácticas para su análisis y comprensión que exceden lo meramente descriptivo; des este modo, los estudiantes se van acercando a los conceptos que la filosofía de la ciencia usa para comprender el quehacer científico.

Dentro de este enfoque serán actividades pertinentes para desarrollar en las aulas el trabajo con pares, el trabajo en pequeños grupos y los debates generales, en los que las prácticas discursivas resultan fundamentales para establecer acuerdos durante la tarea, al expresar disensos

o precisar ideas, hipótesis o resultados, vinculados a los conceptos a tratar. Estas consideraciones implican que en la práctica concreta del trabajo escolar los estudiantes y el docente, como miembros de una comunidad específica, lleven adelante de manera sostenida y sistemática las siguientes acciones:

- leer y consultar diversas fuentes de información y contrastar las afirmaciones y los argumentos en las que se fundan, con las teorías científicas que dan cuenta de los fenómenos involucrados;
- cotejar distintos textos, comparar definiciones, enunciados y explicaciones alternativas. Para esto es necesario seleccionar y utilizar variedad de textos, revistas de divulgación o fuentes de información disponiendo el tiempo y las estrategias necesarias para la enseñanza de las tareas vinculadas al tratamiento de la información científica;
- trabajar sobre las descripciones, explicaciones y argumentaciones, y fomentar su uso tanto en la expresión oral como escrita. Es importante tener en cuenta que estas habilidades vinculadas con la comunicación son parte del trabajo escolar en esta materia y, por lo tanto, deben ser explícitamente enseñadas generando oportunidades para su realización y evaluación. El trabajo con pares o en grupos colaborativos favorece estos aprendizajes y permite ampliar las posibilidades de expresión y circulación de las ideas y conceptos científicos.

Para que estas actividades puedan llevarse adelante el docente como organizador de la tarea deberá incluir prácticas variadas como:

- presentar los materiales o dar explicaciones antes de la lectura de un texto para favorecer la comprensión de los mismos y trabajar con y sobre los textos en cuanto a las dificultades específicas que éstos plantean (léxico abundante y preciso, estilo de texto informativo, modos de interpelación al lector, etcétera);
- precisar los formatos posibles o requeridos para la presentación de informes de laboratorio, actividades de campo, visitas guiadas, descripciones, explicaciones, argumentaciones, planteo de hipótesis;
- señalar y explicitar las diferencias existentes entre las distintas funciones de un texto: describir, explicar, definir, argumentar y justificar, al trabajar con textos tanto orales como escritos;
- explicar y delimitar las demandas de tareas hechas a los estudiantes en las actividades de búsqueda bibliográfica o en la presentación de pequeñas investigaciones (problema a investigar, formato del texto, citas o referencias bibliográficas, extensión, ilustraciones, entre otras) o todo elemento textual o paratextual que se considere pertinente;
- leer textos frente a los estudiantes, en diversas ocasiones y con distintos motivos, especialmente cuando los mismos presenten dificultades o posibiliten la aparición de controversias o contradicciones que deban ser aclaradas, debatidas o argumentadas.

La actuación de un adulto competente en la lectura de textos complejos con inclusión de explicaciones y términos científicos, ayuda a visualizar los procesos que atraviesa un lector al trabajar un texto con la intención de conocerlo y comprenderlo.

Además de lo expuesto, el discurso científico que se aplica a la comprensión de las problemáticas filosóficas de la ciencia y su historia, presenta algunas especificidades debido a que se utilizan distintos niveles de descripción, representación y formalización. En este sentido, el lenguaje que se utiliza habitualmente es compartido por la comunidad toda y los epistemólogos expresan ideas también con las formas discursivas, sintácticas y gramaticales del lenguaje

cotidiano. Esta cuestión oscurece, a veces, el significado de algunos términos que, utilizados corrientemente, tienen connotaciones diferentes a las que se le da en el ámbito científico. Términos como deducción, paradigma, demostración o experimento tienen un significado muy distinto en las aulas que en el uso cotidiano. De modo que el aprendizaje del uso preciso de los términos es un propósito de esta materia, en la medida que dichas precisiones colaboren a clarificar las diversas concepciones de desarrollo de la ciencia a lo largo de la historia.

Por supuesto no debe suponerse que se pueda dar por comprendido un concepto exclusivamente a partir del uso correcto del término, pero sí que es un elemento necesario en la enseñanza. La necesidad de precisar el significado de los conceptos, no sólo debe incluir el uso de los términos específicos, sino también garantizar que los estudiantes tengan la oportunidad de construirlos, partiendo de sus propias formas de expresarse hasta enfrentarse a la necesidad de precisar y consensuar los significados, evitando que sólo los memoricen para repetirlos.

Desplegar estas actividades hace posible la comprensión común de los fenómenos que se analizan y la construcción de los marcos teóricos y metodológicos que les sirven como referencia.

Por lo tanto, la enseñanza en esta materia debe promover que, gradualmente, los estudiantes incorporen a su lenguaje coloquial los elementos necesarios del lenguaje particular de los temas tratados, que les permita comprender y comunicarse con otros acerca de los diversos procesos de este campo de conocimiento.

## ESTUDIAR CASOS SOBRE EL DESARROLLO HISTÓRICO DE LA CIENCIA

Como ya se ha señalado, los cursos sobre filosofía de las ciencias suelen partir de un conjunto de definiciones abstractas acerca del método, el progreso de la ciencia, las teorías y las hipótesis que, una vez estudiados en forma descontextualizada por los estudiantes, son aplicados al estudio de casos históricos. Esta materia se propone invertir el camino tradicional que presenta a la filosofía de las ciencias como algo externo a la ciencia misma, e incentivar una visión en la que la reflexión acerca de los caminos que la ciencia ha recorrido se vean como parte de la concepción de ciencia y no como creaciones de epistemólogos que nunca han desarrollado alguna actividad científica.

Por ello, es que esta materia se ha propuesto trabajar las nociones y los procedimientos propios de la filosofía y la historia de la ciencia a partir del estudio de casos históricos como fuente de abstracción y conceptualización.

El estudio de casos como metodología para conocer, desde lo diverso y lo específico, diferentes realidades reconoce orígenes también diversos. Algunos lo atribuyen a la escuela de negocios de Harvard, otros a los estudios de campo de los etnógrafos y los análisis históricos, otros al abordaje de problemas sociales desde la metodología de la educación. Lo cierto es que, en el estudio de casos, el énfasis está puesto en recuperar lo particular, lo único y lo específico como objeto de conocimiento, que permite trascender las fronteras del propio caso y recuperar aspectos que podrían pasarse por alto si se estudian los temas complejos desde la pretensión de la uniformidad, la predictibilidad o el control, propios de las tendencias positivistas que muchas veces pretenden impregnar con sus metodologías, la presentación y el abordaje de los problemas históricos de las ciencias.

Un tratamiento adecuado para las nociones que desarrolla la filosofía de las ciencias requiere un tipo de análisis que permita el conocimiento de lo idiosincrásico, lo particular y lo único, frente a lo común, lo general y lo uniforme. En este sentido, el estudio de casos resulta una metodología de trabajo adecuada a la naturaleza de estos temas, dado que pone el énfasis en lo que puede conocerse a partir de un caso simple, aunque muchas veces prototípico, que permite trascender el nivel de la experiencia concreta, documentando lo específico y reconociendo un problema real del que puede extraerse conclusiones relevantes.

Aunque en algunas perspectivas el estudio de casos podría verse como similar a las investigaciones escolares, existe una diferencia significativa entre ambos: las investigaciones escolares son situaciones especialmente recortadas *ad hoc* por el docente para el abordaje de un determinado contenido, mientras que el caso, solo puede ser recortado *a posteriori*. De allí su riqueza como metodología y recurso didáctico.

Stake<sup>7</sup> establece una clasificación de los estudios de casos. Para este autor los casos pueden ser intrínsecos, instrumentales o colectivos.

- Los casos intrínsecos son aquellos en los que el caso viene dado por el objeto, la problemática o el ámbito de indagación. Aquí el interés se centra exclusivamente en el caso real, a partir del cual se pueda extraer algo relevante para el análisis. Se llaman así porque el objeto de análisis es el caso en sí mismo, sin pretensión de generalizaciones, ni abstracciones. Podría tratarse de un problema comunitario de urgente resolución en el cual haya que desarrollar saberes propios para su abordaje.
- Los casos instrumentales se distinguen porque se definen en razón del interés por conocer y comprender un problema más amplio mediante el conocimiento de un caso particular. En este tipo de estudio, el caso resulta prototípico y se lo selecciona o construye justamente por la potencialidad que presenta para la comprensión de nociones que trascienden al propio caso. Este es el modelo de un estudio que pueda tener una cierta generalidad como la contaminación de acuíferos o las minas a cielo abierto.
- Los casos colectivos, al igual que los anteriores, si bien poseen un cierto grado de instrumentalidad, se distinguen de los anteriores porque constituyen una familia de entre todos los casos semejantes. Cada uno de ellos es el instrumento para aprender alguna característica del problema que en conjunto representan. Estos estudios tienen la posibilidad de analizar las diferencias y las coincidencias entre unos y otros y además permiten estudios con indicadores de carácter estadístico o cuantitativo.

### Algunas consideraciones sobre el uso de estudio de caso

Es importante tener en cuenta algunas consideraciones para seleccionar y analizar los estudios de caso. En primer lugar, debe referirse a una especificidad, y no a una *regularidad*. Un caso puede ser algo simple o complejo desde su estructura (porque, de hecho todos los casos tratados son complejos). Puede ser un individuo (el caso de un científico), una línea teórica o un hecho social. En cualquiera de estos lo que importa es su *carácter único y específico* y, desde luego, lo que se pueda aprender de su indagación. Esto es particularmente relevante cuando es necesario seleccionar un conjunto de casos o cuando se debe elegir uno entre varios posibles. Ya que no se trata de buscar el representativo, es preciso prestar atención a lo que los alumnos puedan aprender del estudio del caso concreto o del grupo de casos.

<sup>7</sup> Stake, Robert, "Case Study" en Denzin, Norman y Lincoln Yvonna (Eds.), *Handbook of Qualitative Research*. Londres, Sage, 1994.

En segundo lugar, aunque el resultado se presenta con la impronta de lo único, no se puede olvidar que el docente ayudará a que los estudiantes puedan *identificar tanto lo común como lo particular* del caso estudiado.

En tercer lugar, *la singularidad del caso no excluye su complejidad*. Un estudio de caso es también un examen holístico de lo único, lo que significa tener en cuenta las complejidades que lo determinan y definen.

En relación con el uso del estudio de casos como metodología de enseñanza es necesario advertir sobre las pautas que resultan necesarias tener en cuenta para que la misma sea útil para el aprendizaje de todos aquellos aspectos que se espera resaltar. Siguiendo a Selma Wassermann,<sup>8</sup> se puede afirmar que "los casos son instrumentos educativos complejos que revisten la forma de narrativas. Un caso incluye información y datos [...]. Aunque los casos se centran en temáticas específicas [...] son por naturaleza, interdisciplinarios".

Es la necesidad de un abordaje interdisciplinario lo que constituye al estudio de casos en una metodología adecuada para el tratamiento de los problemas de esta materia. Abordar situaciones complejas como las de historia de la ciencia desde este tipo de propuesta permite analizar, deconstruir y reconstruir las situaciones reales desde diversos ángulos, dando oportunidad a los estudiantes para que expresen en el aula tanto sus modos de pensar, las actitudes que despertan dichos casos, así como las posibles alternativas de solución.

Es importante destacar que los casos pueden ser redactados para un uso escolar pero deben mantener las características de un caso real, complejo, en el que, a diferencia de los enunciados tradicionales de problemas escolares, convergen muchas voces y variadas alternativas. En este sentido, los casos implican también un trabajo sobre la tolerancia a la ambigüedad o a la falta de soluciones únicas, predecibles y definitivas.

Para que esto sea posible, es necesario que al presentar los casos se sigan una serie de pasos que hagan posible el despliegue de todas las potencialidades de esta metodología. En particular, siguiendo la propuesta de Wassermann,<sup>9</sup> es posible distinguir como elementos constitutivos del estudio de casos, los siguientes componentes.

- *Las preguntas críticas*: son preguntas destinadas a promover la comprensión sobre diversos aspectos de una situación. Las formula el docente después de presentado el caso y tienen la intención de implicar a los alumnos en una reflexión profunda sobre el caso. Implica que los mismos examinen ideas o conceptos relacionados y que transfieran lo que saben al análisis de la situación presentada.
- *El trabajo en pequeños grupos*: es un requisito fundamental destinado a promover el debate y la discusión entre pares sobre la situación presentada. En colaboración, los estudiantes preparan sus argumentos para dar respuesta a las preguntas críticas. Es necesario que tengan la oportunidad de discutir los casos antes de hacer la presentación de sus puntos de vista frente a la clase. No es necesario que los grupos realicen toda su actividad en el aula. Al contrario, dado que esta materia corresponde al 6° año de la Educación Secundaria es deseable que los estudiantes alcancen cierta autonomía y puedan resolver

<sup>8</sup> Wassermann, Selma, *El estudio de casos como método de enseñanza*. Buenos Aires, Amorrortu, 1994.

<sup>9</sup> Wassermann, Selma, *ibidem*.

actividades grupales por fuera del horario escolar, dando más tiempo en el aula al trabajo con la clase completa.

- *El interrogatorio sobre el caso:* esta etapa se vincula con la articulación que es necesario que el docente realice para favorecer la profundización sobre el caso. Es importante en este punto que el docente siga atentamente los argumentos y exposiciones de los alumnos, preste atención a los implícitos y solicite mayores explicitaciones a los estudiantes. Hacer visibles las contradicciones y no establecer juicios de valor hasta que todos los estudiantes se hayan expresado, es la labor necesaria del docente para favorecer la libre expresión de los alumnos. El interrogatorio es la instancia en la que los argumentos, propuestas, reflexiones o alternativas que los estudiantes hayan elaborado en los pequeños grupos tienen la oportunidad de desplegarse ante toda la clase a partir de las preguntas del docente.
- *Las actividades de seguimiento:* esta etapa corresponde a la profundización del caso, que se produce como consecuencia de la actividad anterior. Es decir, a raíz de las preguntas y reflexiones promovidas por el docente, los estudiantes necesitan buscar más información, que resulte pertinente para la propuesta sobre el caso. La necesidad de información surge de un interés más genuino en relación con afrontar el caso desde una perspectiva más comprometida y contextualizada; de allí la importancia de seleccionar los casos a trabajar. Las actividades pueden ser variadas y de acuerdo con los requerimientos que cada grupo establezca para su tarea. Algunas de ellas pueden ser: búsqueda bibliográfica, informes de investigaciones, construcción de gráficos, afiches, tablas, presentación en Power Point, diapositivas, encuestas o entrevistas a informantes clave de una comunidad afectada por el caso, búsqueda de datos en archivos oficiales e interpretación de los mismos, entre otros.

Es fundamental que el docente tenga en cuenta que si bien el estudio de caso es una estrategia muy poderosa de abordaje de situaciones complejas, por la posibilidad de tratar con situaciones históricas, es preciso también ser consecuente con la metodología para no trivializarla. En este sentido, no cualquier práctica escolar que parta de buscar información sobre cierto caso real con el propósito de ser discutido, puede llamarse cabalmente un estudio de caso. Los pasos anteriormente descritos, refieren a determinados procesos que deben llevarse adelante, ya que en cada momento se da curso a diferentes estrategias y modos de aprender, lo que configura tanto la especificidad de este enfoque como la riqueza de los aprendizajes que posibilita.

## ORIENTACIONES PARA LA EVALUACIÓN

En este Diseño Curricular se entiende por evaluación a un entramado de aspectos y acciones mucho más amplio que la sola decisión sobre la acreditación o no de la materia por parte de los estudiantes. Se hace referencia a un conjunto de acciones continuas y sostenidas en el tiempo que permitan dar cuenta de cómo se desarrollan los procesos de aprendizaje de los estudiantes y los procesos de enseñanza –en relación con la posibilidad de ajustar, en la propia práctica, los errores o aciertos de la secuencia didáctica propuesta–. Al evaluar, se busca información de muy diversa índole: a veces, conocer las ideas que los estudiantes traen construidas con anterioridad; en ocasiones, conocer la marcha de una investigación; en otras, el aprendizaje de ciertas metodologías.

En la evaluación, los contenidos no están desligados de las acciones a los cuales se aplican o transfieren. Por lo tanto, la evaluación de los conceptos debe ser tan importante como la de los procedimientos y esto implica revisar los criterios y los instrumentos utilizados en relación con los aprendizajes de los estudiantes, así como los relativos a la evaluación de la propia planificación del docente.

Es posible reconocer tres dimensiones para la evaluación. Por un lado, establecer cuáles son los saberes que los estudiantes ya han incorporado previamente, tanto en su escolaridad anterior como en su experiencia no escolar. Por otro, conocer qué están aprendiendo los estudiantes en este recorrido y, por último, conocer en qué medida las situaciones didácticas dispuestas posibilitaron u obstaculizaron los aprendizajes.

Por eso es que en todo proceso de evaluación, tanto la evaluación de las situaciones didácticas como la evaluación de los aprendizajes de los estudiantes forman parte de los procesos de enseñanza y deben ser planificadas como parte integrante de éstos. En tal sentido, la evaluación, debe ser considerada en el mismo momento en que se establece lo que debe enseñarse y lo que se desea aprendan los estudiantes.

### UNA PROPUESTA DE EVALUACIÓN

Se sugiere implementar diferentes instrumentos de evaluación aprovechando la diversidad de metodologías de abordaje de los contenidos sugeridas en los diferentes casos analizados. Dado que la mayor parte de los casos se analizan a partir de una narrativa es posible evaluar los aprendizajes mediante diversas actividades como:

- la exposición, defensa y construcción de modelos a partir de la confección de cuadros comparativos;
- la redacción de narrativas de la historia de la ciencia o la tecnología desde perspectivas historiográficas específicas. Aquí, se pueden observar características relevantes del contexto social y cultural de cada época;
- búsqueda de casos equivalentes a los estudiados por la estructura de la controversia señalando similitudes y diferencias en el modo de resolución del conflicto (pueden ser trabajos grupales);
- la elaboración de modelos que cumplen ciertas estructuras axiomáticas y su comparación con otros casos empíricos de la misma estructura o similares;

Por otra parte, algunos indicadores que pueden usarse para evaluar la comprensión de los distintos contenidos pueden ser:

- la capacidad de distinguir las hipótesis fundamentales de las secundarias y analizar la dinámica entre datos, anomalías y teorías en casos nuevos;
- identificación de situaciones asimilables a experimentos cruciales y su análisis crítico (pueden ser evaluaciones individuales o grupales escritas basadas en casos de divulgación científica);
- la capacidad de detectar razonamientos válidos e inválidos en casos concretos;
- la participación en una investigación de un caso nuevo de interés en el que se analicen distintos contenidos estudiados en el curso.

## TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN E INTEGRACIÓN DE CONTENIDOS

Una posibilidad interesante a modo de evaluación es proponer nuevos casos en los que puedan aplicarse los contenidos estudiados. En esta actividad de evaluación los estudiantes podrán dar cuenta del grado en el que han adquirido la capacidad de análisis y articulación de contenidos para transferirlos a casos nuevos, así como también su comprensión del caso en particular como pasible de ser analizado bajo determinados contenidos.

A continuación, se sugieren algunos casos que favorecen la integración de contenidos: el descubrimiento de América, la fisión y la fusión nuclear, la estructura de la materia y el caso de la donación de órganos; pueden agregarse, asimismo, los que cada docente estime de riqueza suficiente o de importancia para su región y comunidad educativa.

**Descubrimiento de América:** condiciones sociohistóricas (comerciales y políticas), conocimiento aceptado, validación de resultados, articulación del conocimiento, instrumentos e invenciones que hicieron posible el emprendimiento, eficacia y eficiencia de los métodos y recursos, precisión de las mediciones y cálculos, fuentes históricas disponibles, mitos y leyendas, objetivos de la empresa, historias hipotéticas, repercusiones culturales del descubrimiento en América y en el viejo continente. Repercusión en otras áreas del conocimiento. Discusión sobre el progreso respecto a este episodio.

**Fusión y fisión nuclear:** historia de los desarrollos en la Argentina. Teorías y datos de respaldo. Desarrollos tecnológicos. Precisión en los métodos de medición y cálculo. Valores en discusión, cursos de acción a decidir en los nuevos desarrollos. Eficacia y eficiencia en la utilización de recursos. Fines de los emprendimientos. Contexto histórico del surgimiento de las teorías y contexto del surgimiento de las tecnologías. Posición de nuestro país respecto a conocimientos teóricos y desarrollos tecnológicos. Repercusión social de los desarrollos y descubrimientos. Articulación con nuestra representación del universo: evolución estelar. Nociones de progreso asociadas con esta temática: progreso tecnológico, conceptual, social y sus dificultades.

**Estructura de la materia:** de la argumentación teórica a la búsqueda de datos. El atomismo griego y el plenismo aristotélico. El horror al vacío. La hipótesis de Dalton y las leyes de la química. Composición química y pesos atómicos. Teorías del enlace químico. Avogadro y Ampère, átomo y molécula. La tabla de Mendeleev. Distinción de las nociones de átomo, molécula, elemento y sustancia. Características químicas y estructura del átomo. Modelos de átomo. La tabla periódica en términos de la estructura atómica. Partículas subatómicas. El principio de conservación de la energía y la postulación del neutrino. Detección de partículas: cámara

de niebla y otros instrumentos. Partículas fundamentales. Aceleradores de partículas. Quarks. Partículas y ondas. Las partículas y la explicación del desarrollo cosmológico. Integración de las disciplinas: estructura nuclear, fuentes de energía y evolución de estrellas. Tecnologías de detección de sustancias: espectrografía y detectores biológicos de sustancias. Tecnologías posibles según el grado del conocimiento.

**Donación de órganos:** El caso Incucai. Estado del arte en la Argentina y el mundo. Conocimientos teóricos y desarrollos tecnológicos. Identificación de las demandas de la sociedad y delimitación del problema según las épocas y la cultura. La definición de muerte según el estado de la ciencia. Perspectivas culturales sobre el problema. Rol y compromiso de la sociedad para la existencia de una solución exitosa. Aporte de la tecnología para un resultado exitoso. Soluciones actuales y soluciones futuras previsibles. Implantes no biológicos. Análisis de la noción de éxito en este campo. Nociones de progreso asociadas con estos temas.

## AUTOEVALUACIÓN, COEVALUACIÓN Y EVALUACIÓN MUTUA

El contexto de evaluación debe promover en los estudiantes una creciente autonomía en la toma de decisiones y en la regulación de sus aprendizajes, favoreciendo el pasaje desde un lugar de heteronomía –donde es el docente quien propone las actividades, los eventuales caminos de resolución y las evaluaciones, y el estudiante quien las realiza– hacia un lugar de mayor autonomía en el que el estudiante pueda plantearse problemas, seleccionar sus propias estrategias de resolución, planificar el curso de sus acciones, administrar su tiempo y realizar evaluaciones parciales de sus propios procesos, reconociendo logros y dificultades.

Para esta materia, correspondiente al último año de la Escuela Secundaria, es esperable que los estudiantes hayan alcanzado un alto grado de autonomía y por lo mismo puedan evaluar también en forma personal el curso de sus aprendizajes.

En este sentido, y en consonancia con la propuesta del Diseño Curricular, la evaluación constituye un punto central en la dinámica del aprendizaje por diversas razones. En primer lugar, el trabajo de construcción de conocimiento, tal como es entendido en esta propuesta, es un trabajo colectivo, en la medida en que todos participan individual y grupalmente de la construcción de modelos explicativos, en el diseño e implementación de las investigaciones, las argumentaciones y las actividades generales de aprendizaje que se propongan. Por lo tanto, es menester que la evaluación incluya este aspecto social, dando oportunidades a los estudiantes para hacer también evaluaciones tanto de su propio desempeño como del de sus compañeros.

Esta responsabilidad de evaluar desempeños, implica, asimismo, un segundo aspecto, vinculado con la democratización de las relaciones en el aula, para el cual una evaluación debe estar fundamentada en criterios explícitos y no en cuestiones de índole personal –simpatía o antipatía por un compañero o un argumento–. De modo que es fundamental enseñar a evaluar la marcha de un proyecto o el desempeño dentro de un grupo, estableciendo conjuntamente, y con la ayuda del docente, cuáles serán los criterios con que es conveniente juzgar la pertinencia de cierto argumento o el cumplimiento de las normas para el trabajo experimental.

Por último, la posibilidad de reflexionar sobre la evolución de los aprendizajes, a partir de criterios que fueron explicitados y compartidos, ayuda a repensar los aspectos que no han quedado lo suficientemente claros, así como a plantear caminos de solución.

Para favorecer este proceso tendiente a la autorregulación de los aprendizajes es preciso incluir otras estrategias de evaluación que no pretenden sustituir pero sí complementar los instrumentos "clásicos". Se proponen como alternativas:

- La *evaluación entre pares o evaluación mutua*, en donde el estudiante comparte con sus pares los criterios de evaluación contruidos con el docente, y en función de ellos, puede hacer señalamientos sobre los aspectos positivos o a mejorar tanto el desempeño individual como el grupal en relación con la tarea establecida. Este tipo de evaluación, que por supuesto debe ser supervisada por el docente, puede aportar información acerca de la capacidad de los estudiantes para argumentar y sostener criterios frente a otros.
- La *coevaluación*, entendida como una guía que el docente brinda a sus estudiantes durante la realización de una tarea, indicando no sólo la corrección o incorrección de lo realizado, sino proponiendo preguntas o comentarios que orienten a los estudiantes hacia el control de sus aprendizajes, llevándolos a contrastar los objetivos de la actividad con los resultados obtenidos hasta el momento y tendiendo siempre hacia la autorregulación.
- La *autoevaluación* del estudiante, que supone la necesidad de contar con abundante información respecto a la valoración que es capaz de hacer de sí mismo y de las tareas que realiza. La autoevaluación no consiste, como se ha practicado muchas veces, en hacer que el estudiante corrija su prueba escrita siguiendo los criterios aportados por el docente, sino más bien, en un proceso en el cual el estudiante pueda gradualmente lograr la anticipación y planificación de sus acciones y la apropiación de los criterios de evaluación.

# BIBLIOGRAFÍA

- Boido, Guillermo; Domenech, Graciela; Espejo, Adriana; Flichman, Eduardo; Nillni, Nancy y Onna, Alberto, *Pensamiento científico. Estructura II*. Buenos Aires, Conicet, 1990.
- Boido, Guillermo; Flichman, Eduardo; Yagüe, Jorge y otros, *Pensamiento científico. Estructura I*. Buenos Aires, Conicet, 1988.
- Broncano, Fernando, *Mundos artificiales. Filosofía del cambio tecnológico*. México, Paidós, 2000.
- Chalmers, Alan, *¿Qué es esa cosa llamada ciencia?* Buenos Aires, Siglo XXI, 1998.
- Crombie, Alistair Cameron, *Historia de la ciencia*. Madrid, Alianza, 1974.
- Echeverría, Javier, *Introducción a la metodología de la ciencia*. Madrid, Cátedra, 1999.
- Elster, Jon, *El cambio tecnológico. Investigaciones sobre la racionalidad y la transformación social*. Barcelona, Gedisa, 2006.
- Flichman, Eduardo y Pacifico, Andrea, *Pensamiento científico. La polémica epistemológica actual*. Buenos Aires, Conicet, 1995.
- Flichman, Eduardo; Miguel, Hernán; Paruelo, Jorge y Pissinis, Gabriel (eds.), *Las raíces y los frutos. Temas de filosofía de la ciencia*. Buenos Aires, CCC-Educando, 2001.
- González García, Marta y López Cerezo, Jorge, *Ciencia, tecnología y sociedad. Una introducción al estudio social de la ciencia y la tecnología*. Madrid, Tecnos, 1996.
- Holton, Gerald y Brush, Stephen, *Introducción a los conceptos y teorías de las ciencias físicas*. Barcelona, Reverté, 1996.
- Klimowsky, Gregorio, *Las desventuras del conocimiento científico. Una introducción a la epistemología*. Buenos Aires, AZ Editora, 1994.
- Kragh, Helge, *Introducción a la historia de la ciencia*. Barcelona, Crítica, 1989.
- Merton, Robert, *Sociología de la ciencia*. Madrid, Alianza, 1973.
- Mitcham, Carl, *¿Qué es la filosofía de la tecnología?* Barcelona, Anthropos, 1989.
- Serrés, Michel, *Historia de las ciencias*. Madrid, Cátedra, 1989.
- Thuillier, Pierre, *De Arquímedes a Einstein. Las caras ocultas de la invención científica*. Madrid, Alianza, 1990.

## PARA LOS CASOS DE ESTUDIO

### La revolución copernicana

- Boido, Guillermo, *Noticias del planeta Tierra. Galileo Galilei y la revolución científica*. Buenos Aires, AZ editora, 1996.
- Kuhn, Thomas, *La revolución copernicana*. Barcelona, Ariel, 1996.
- Levinas, Marcelo, *Las imágenes del universo. Una historia de las ideas del cosmos*. Buenos Aires, Fondo de Cultura Económica, 1996.
- Lindberg, David, *Los inicios de la ciencia occidental*. Buenos Aires, Paidós, 2002.

### Pasteur-Pouchet y la generación espontánea

- Hacking, Ian, *Representar e intervenir*. Buenos Aires, Paidós, 1996.
- Latour, Bruno, *Ciencia en acción*. Barcelona, Labor, 1992.
- López Cerzo, Jose, *El triunfo de la antisepsia*. México, Fondo de Cultura Económica, 2008.
- Popper, Karl, *La lógica de la investigación científica*. Madrid, Tecnos, 1973.
- Serrés, Michel, *Historia de las ciencias*. Madrid, Cátedra, 1989.

## Mendel y la genética

Hempel, Carl, *Filosofía de la ciencia natural*. Madrid, Alianza, 1979.

Miguel, Hernan y Baringoltz, Eleonora, *Problemas epistemológicos y metodológicos*. Buenos Aires, Eudeba, 1996.

Nagel, Ernest, *La estructura de la ciencia*. Buenos Aires, Paidós, 1968.

## Evolucionismo en Biología

Brown, Harold, *La nueva filosofía de la ciencia*. Madrid, Tecnos, 1984.

Kuhn, Thomas, *¿Qué son las revoluciones científicas?* Barcelona, Paidós, 1989.

– – –, *La estructura de las revoluciones científicas*. México, Fondo de Cultura Económica, 1971.

Lakatos, Imre, *La metodología de los programas de investigación científica*. Madrid, Alianza, 1983.

Laudan, Larry, *Ciencia y valores*. Berkeley, University of California, 1984.

– – –, *El progreso y sus problemas. Hacia una teoría del progreso científico*. Madrid, Encuentro, 1986.

Monod, Jacques, *El azar y la necesidad. Ensayo sobre la filosofía natural de la biología moderna*. Barcelona, Metatemas, 2000.

Pérez Ransanz, Antonio, *Kuhn y el cambio científico*. México, Fondo de Cultura Económica, 1999.

Shapin, Steven, *La revolución científica: una interpretación alternativa*. Buenos Aires, Paidós, 2000.

Sober, Elliot, *Filosofía de la biología*. Madrid, Alianza, 1996.

## Desarrollo de la cosmología actual

Ganguí, Alejandro, *El big bang. La génesis de nuestra cosmología actual*. Buenos Aires, Eudeba, 2005.

Hawking, Stephen, *Historia del tiempo ilustrada*. Barcelona, Crítica, 1996.

Sklar, Lawrence, *Filosofía de la física*. Madrid, Alianza, 1994.

## El surgimiento de las geometrías no euclidianas

Casini, Alejandro, *El juego de los principios. Una introducción al método axiomático*. Buenos Aires, AZ Editores, 2008.

Datri, Edgardo, *Geometría y realidad física: de Euclides a Riemann*. Buenos Aires, Eudeba, 1999.

Klimovsky, Gregorio, *Las ciencias formales y el método axiomático*. Buenos Aires, AZ Editores, 2000.

– – –, y Boido, Guillermo, *Las desventuras del conocimiento matemático*.

*Filosofía de la matemática: una introducción*. Buenos Aires, AZ editora, 2005.

## El experimento de Milgram

Guiddens, Anthony, *Las nuevas reglas del método sociológico*. Buenos Aires, Amorrortu, 1993.

Klimovsky, Gregorio e Hidalgo, Cecilia, *La inexplicable sociedad. Cuestiones de epistemología de las ciencias sociales*. Buenos Aires, AZ editora, 1998.

Velasco Gómez, Ambrosio, *Tradiciones naturalistas y hermenéuticas en la filosofía de las ciencias sociales*. México, UNAM editora, 2000.

Von Wright, Georg Henrik, *Explicación y comprensión*. Madrid, Alianza, 1987.

## PARA LOS TEMAS DE INTEGRACIÓN

### Descubrimiento de América

Belmonte Avilés, José, "El origen de nuestra visión del cosmos. La investigación arqueoastronómica" en *Ciencia Hoy*, vol.19, nº 110.

Gould, Stephen Jay, *Un dinosaurio en un pajar*. Barcelona, Crítica, 1997.  
Levinas, Marcelo, *El último crimen de Colón*. Buenos Aires, Alfaguara, 2001.  
Moledo, Leonardo, *Los mitos de la ciencia*. Buenos Aires, Planeta, 2008.

## Fusión y fisión nuclear

Alcañiz, Isabella, "Cincuenta años de política nuclear en la Argentina" en *Ciencia Hoy*, vol. 15, nº 88, 2005.  
Mariscotti, Mario, *El secreto atómico de Huemul. Crónica del origen de la energía atómica en la Argentina*. Buenos Aires, Sigma, 1996.  
Holton, Georg y otros, *Introducción a los conceptos y teorías de las ciencias físicas*. Barcelona, Reverté, 1996.  
Felizia, Eduardo, "Descubrimiento de la fisión nuclear y la generación de energía" en *Ciencia Hoy*, vol.13, nº 73, 2003.  
-- --, "Centrales Nucleares. La Evaluación Probabilística de su Seguridad" en *Ciencia Hoy*, vol. 5, nº 35, 1996.

## Estructura de la materia

Allekotte, Engomar; Bertou, Xavier; Harari, Diego; Mollerach, Silvia y Roulet, Esteban, "El origen de los rayos cósmicos de mayor energía" en *Ciencia Hoy*, vol. 17, nº 102, 2008.  
Bensaude-Vincent, Bernardette y Stengers, Isabelle, *Historia de la química*. Madrid, Addison- Wesley Iberoamericana, 1997.  
Dova, María Teresa, "En busca del origen de la masa" en *Ciencia Hoy*, vol. 8, nº 47, 1998.  
De la Llosa, Pedro, *El espectro de Demócrito. Atomismo, disidencia y libertad de pensar en los orígenes de la ciencia moderna*. Barcelona, Ediciones del Serbal, 2000.  
Fernández Niello, Jorge y Pacheco, Alberto, "Núcleos 'halo' y núcleos borromeos" en *Ciencia Hoy*, vol. 17, nº 98, 2007.  
Oerter, Robert, *La teoría de casi todo. El modelo estándar, triunfo no reconocido de la física moderna*. México, Fondo de Cultura Económica, 2008.

## Donación de órganos

Gherardi, Carlos, *Vida y muerte en terapia intensiva*. Buenos Aires, Biblos, 2007.  
Abraham, Gustavo; González, María y Cuadrado, Teresita, "La ciencia y la ingeniería de los biomateriales, un desafío interdisciplinario" en *Ciencia Hoy*, vol. 9, nº 49, 1998.  
Argibay, Pablo, "Consideraciones acerca del trasplante neuronal" en *Ciencia Hoy*, vol. 14, nº 84, 2005.  
Ariès, Philippe, *Historia de la muerte en Occidente. Desde la Edad Media hasta nuestros días*. Barcelona, El Acantilado, 2000.  
Golombek, Diego, "Más cerca del trasplante de cerebros" en *Ciencia Hoy*, vol. 13, nº 75, 2003.  
Klein, Susan. "El uso de animales en la investigación biomédica" en *Ciencia Hoy*, vol. 10, nº 55, 2000.  
Vianello, Sergio, "Descubriendo las células progenitoras" en *Ciencia Hoy*, vol. 13, nº 73, 2003.





