

TEMA 3 NATURALEZA E HISTORIA DE LA CIENCIAS

- La naturaleza del conocimiento científico
- Historia de la ciencia: análisis de algunos ejemplos
- La ciencia en un contexto social
- Implicaciones didácticas para la enseñanza de las ciencias

Este tema se articula en torno a la relación entre la Filosofía (y Epistemología) de la Ciencia y la Didáctica de las Ciencias; es decir la dependencia entre los modelos, estrategias y proyectos didácticos, y la perspectiva epistemológica en la que se inspiran. Durante década de los 90 del siglo XX diferentes trabajos (Hodson, 1988; Otero, 1989; Duschl, 1990; Gil, 1993c; Mellado y Carracedo, 1993; Porlán y Martín, 1996) han tratado sobre la influencia en la enseñanza de las ciencias de la visión del profesorado acerca de qué es la ciencia y cómo se construye el conocimiento científico. También indican que en muchas ocasiones, tanto la visión del trabajo científico que se transmite en las clases, como la propia forma de presentar los conceptos científicos, no son coherentes con las perspectivas de la Nueva Filosofía de la Ciencia, los estudios sociales y los modelos cognitivos sobre la ciencia. La concepción epistemológica es una componente muy importante de los modelos didácticos por lo que para el diseño y comprensión de los distintos modelos didácticos para la enseñanza de las ciencias en este tema se dedica un espacio para la reflexión, mediante las actividades que se proponen que tienen como objetivos:

- Desarrollar la comprensión sobre la naturaleza de la ciencia teniendo en cuenta las aportaciones de la Nueva Filosofía de la Ciencia y otras corrientes actuales.
- Adquirir una visión de la Ciencia como actividad humana colectiva, en la que la validez del conocimiento científico se alcanza por la supervivencia de las ideas científicas más simples, útiles, fecundas, etc.
- Analizar ejemplos de descubrimientos o experimentos científicos, relacionándolos con el problema investigado, y la metodología empleada.
- Adquirir criterios para analizar materiales de instrucción, evaluando la visión de la metodología científica que presentan.

En el programa guía 3 que se propone en el apartado de ACTIVIDADES se presentan las distintas actividades a realizar, los comentarios relativos a la finalidad y forma de desarrollo de cada una de ellas se presentan en este material de estudio.

Comenzamos el tema con una actividad (A.3.0.) de comunicación de objetivos o de clarificación sobre lo que se tratará en el tema para potenciar desde el principio la autorregulación de tu aprendizaje. En este caso se te ofrece una ficha para la elaboración de tu diario personal que impulse la autorregulación de tus aprendizajes a lo largo del tema. En otros temas podrás elaborar tu propia ficha/diario de percepción en relación a los objetivos y aprendizajes que vayas consiguiendo.

LA NATURALEZA DEL CONOCIMIENTO CIENTÍFICO

El siguiente conjunto de actividades persigue varias finalidades (A.3.1→A.3.3). La primera actividad A.3.1. persigue la explicitación/ detección de tus ideas sobre la ciencia y está adaptada de un cuestionario de Solbes y Vilches (1992) para conocer qué entiendes por ciencia y qué cualidades deben poseer las científicas y científicos (en la pregunta se ha utilizado *persona que desempeñe tareas científicas* o *que se dedique a la actividad científica*, en lugar de científico, o científico y científica). En segundo lugar

(A.3.2.) se pretende introducirte en una técnica de organización y análisis de datos obtenidos en cuestionarios abiertos mediante redes sistémicas (Anexo 1 del Programa-guía del Tema 3 apartado ACTIVIDADES). Finalmente (A.3.3.) para que puedas contrastar tus respuestas, en el Anexo 2 del Programa-guía del Tema 3 apartado ACTIVIDADES, se presentan algunas redes sistémicas obtenidas por Nuño y Ruipérez (1996) en un estudio realizado con profesorado de ciencias en formación inicial: Magisterio y CAP, y en formación permanente: profesorado de ciencias de ESO donde se encontraron las siguientes tendencias:

- Con relación a las concepciones sobre la ciencia en todos los casos se destaca mayoritariamente el carácter *teórico-explicativo* de la ciencia, seguido del carácter *empírico*. El carácter *evolutivo* de la ciencia es mencionado por todos los colectivos estudiados, si bien en menor proporción que los dos aspectos antes citados. El carácter *social* o *colectivo* de la ciencia es uno de los aspectos ignorados, apareciendo sólo alguna alusión en el colectivo del profesorado en ejercicio. Es decir, no se considera **la ciencia como construcción social**. Así mismo, son prácticamente ignorados, a excepción de algún caso entre el profesorado en ejercicio, los aspectos *creativos* de la ciencia. Por otro lado, no se detectan, en la medida que cabría esperar, concepciones estereotipadas sobre la ciencia. Aunque, cuando aparecen, se dan en mayor medida entre el alumnado del CAP.

- Con relación a la **variable género**, y teniendo en cuenta que no se realizó un análisis estrictamente cuantitativo ya que el citado trabajo consistía en un análisis de caso, se han encontrado las siguientes tendencias:

- El carácter *teórico-explicativo* de la ciencia se pone más de manifiesto en las respuestas del colectivo masculino; mientras que en lo relativo al carácter *empírico* no se observan diferencias significativas.
- El carácter *evolutivo* de la ciencia es claramente citado en mayor proporción por el colectivo femenino.

- Con relación a las cualidades de personas que desempeñan tareas científicas, estas cualidades corresponden mayoritariamente a las categorías que denominamos: *actitudinales*, *intelectuales* y *procedimentales*, siendo las primeras las más citadas; mientras que las relativas a aspectos *vocacionales* y de *relación social* aparecen en menor proporción, lo cual es coincidente con las escasas alusiones al carácter social de la ciencia encontradas en la pregunta anterior. De todo ello, podría derivarse una concepción estereotipada del trabajo científico como tarea individual y que implica personas con "cualidades humanas excepcionales" (*sacrificio, entregada, esperanza, tenaz, constancia, perseverancia, optimista, ...*). Con relación a los aspectos menos citados como son el social y el vocacional se observan algunas diferencias por niveles siendo el profesorado el que hace mayor incidencia en lo social-colectivo y el alumnado en lo vocacional. Por último, reseñar que en un número relevante de respuestas se observa la utilización del masculino, a pesar de que en la pregunta se solicitaban cualidades de personas dedicadas a tareas científicas, lo que nos podría llevar a pensar que persiste implícitamente la asociación estereotipada: profesional de la ciencia = científico (hombre).

En resumen, de estos resultados podríamos concluir, provisionalmente, que el modelo de ciencia compartido por el profesorado en ejercicio y en formación inicial, obviando las diferencias de género y nivel de formación comentadas en los resultados de ese trabajo, apunta hacia una visión de la ciencia donde domina el carácter teórico-explicativo y la componente empírica, olvidando la componente social, el carácter evolutivo y los aspectos creativos de la misma.

La siguiente actividad A.3.4. traducida y adaptada de Nott y Wellington (1993), pretende que elabores tu propio perfil sobre la naturaleza de la ciencia al comienzo de este tema, basándote en tus respuestas a un cuestionario Likert de 24 ítems sobre la naturaleza de la ciencia y la actividad científica (Anexo 3 del Programa-guía del Tema 3 apartado ACTIVIDADES). Una vez contestado y codificado el cuestionario podrás obtener tu perfil sobre la naturaleza de la ciencia.

La siguiente lectura te ayudará a comprender los conceptos utilizados en el perfil.

CLARIFICACIÓN DE CONCEPTOS

Puede que algunas de las palabras utilizadas no resulten muy familiares; de hecho son términos problemáticos y objeto de debate. Sus significados cambian, y pueden llegar a ser considerados insultos, o elogios, según quien los emita, ... y quien los reciba.

A continuación se ofrecen las definiciones elaboradas por los autores del artículo, basadas en la siguiente bibliografía:

- Bynum, W.F., Browne, E.J. y Porter, R. (1983). *Macmillan Dictionary of the History of Science*. Macmillan.
- Wellington, J. (1989). *Skills and Processes in Science Education: a Critical Analysis*. Routledge.
- Ziman, J. (1980). *Teaching and Learning about Science and Society*. Cambridge University Press.
- Ziman, J. (1984). *An Introduction to Science Studies*. Cambridge University Press.

RELATIVISMO/POSITIVISMO

Relativista. Niega que las declaraciones científicas sean verdaderas o falsas basándose únicamente en una realidad independiente. La "verdad" de un teoría dependerá de las normas y de la racionalidad del grupo social que la considere, así como de las técnicas experimentales utilizadas para ponerla a prueba. Los juicios tales como la verdad de las teorías científicas variarán de una persona a otra y de una cultura a otra, por lo que la verdad es relativa, no absoluta.

Positivista. Cree firmemente que el conocimiento científico es más "válido" que cualquier otra forma de conocimiento. Hay un mundo objetivo, externo, real, del cual, a partir de nuestras experiencias, descubrimos ciertos modelos de comportamiento que describimos por leyes y teorías.

Para el positivismo, la ciencia es la fuente primaria de verdad. Considera los hechos empíricos y los fenómenos observables como la materia prima de la ciencia. La tarea científica consiste en establecer las leyes, o relaciones objetivas entre observables, que gobiernan los hechos. El positivismo rechaza investigar las causas subyacentes y causas primeras.

INDUCTIVISMO/DEDUCTIVISMO

Inductivista. Cree que la tarea científica consiste en interrogar a la Naturaleza. De la observación de muchos fenómenos particulares, se puede inferir desde lo particular a lo general determinando así las leyes y teorías subyacentes.

Según el inductivismo, científicos y científicas generalizan leyes universales "inductivamente" a partir de un conjunto de observaciones. El conocimiento científico se construye por inducción a partir de una serie de observaciones ciertas.

Deductivista. Cree, que científicos y científicas se dedican a comprobar las consecuencias lógicas de las teorías en vigor, o las de sus propias ideas imaginativas más audaces.

Según el deductivismo (o hipotético-deductivismo) el razonamiento científico consiste en la formulación de hipótesis, que no se establecen por datos empíricos pero que si pueden ser sugeridos a partir de ellos. De este modo, la ciencia progresa mediante la comprobación de las consecuencias observables de estas hipótesis. O sea que las observaciones, al estar dirigidas por las hipótesis, están cargadas de teoría.

CONCEPCION CONTEXTUALIZADA/CONCEPCION DESCONTEXTUALIZADA

Contextualista. Sostiene la opinión de que la verdad de los conocimientos y procesos científicos es interdependiente con la cultura en la cual se producen y en la que viven las científicas y los científicos.

Descontextualista.. Su opinión es que la verdad del conocimiento científico es independiente de su localización cultural y estructura sociológica.

CONCEPCIÓN DE LA CIENCIA COMO PROCESO O COMO CONTENIDO

Proceso. Considera la ciencia como un conjunto característico de métodos y procesos. El aprendizaje de ellos constituye la parte esencial de la educación científica.

Contenido. Piensa que la ciencia se caracteriza por los hechos registrados y conocimientos acumulados, y que lo esencial de la educación científica es la adquisición y dominio de este "cuerpo de conocimientos".

INSTRUMENTALISMO/REALISMO

Instrumentalista. Cree que las ideas y teorías científicas son buenas si funcionan, es decir, si permiten hacer predicciones correctas. Son instrumentos que podemos utilizar pero que no nos dicen nada sobre una realidad independiente de nosotros o sobre su propia veracidad.

Realista. Considera que las teorías científicas son declaraciones sobre un mundo que existe en el espacio y en el tiempo independientemente de las percepciones de las y los científicos. Las teorías correctas tratan sobre cosas que existen realmente, independientemente de los y las científicas, p.ej. los átomos.

PUNTOS DE REFLEXIÓN

Tras la lectura de las definiciones anteriores analiza las siguientes cuestiones:

- 1) ¿Cómo te sientes con tu perfil? ¿Crees que realmente recoge tus opiniones sobre la ciencia?
- 2) ¿Crees que has entendido todo?
- 3) ¿Piensas que tus opiniones se han modificado o que has dudado de ellas durante la realización del ejercicio? ¿A la vista de todo esto te gustaría volver a realizar la actividad con las nuevas ideas aprendidas?

La realización de esta actividad te habrá servido para cuestionarte tus concepciones y puntos de vista sobre la ciencia, ya que quizá nunca hayas reflexionado explícitamente sobre el tema. Como señalan Solomon (1991) y Kouladis y Ogborn (1989, 1995), la comprensión de la naturaleza de la ciencia por el profesorado en formación, no suele ser fija, estática y definitiva sino que puede cambiar con el tiempo y el contexto.

Por lo tanto, esta actividad no pretende etiquetarte o clasificarte, sino detectar tus tendencias o concepciones más generales sobre el tema. También persigue que seas consciente de tus concepciones iniciales. Además, como señalan Nott y Wellington (1998), resultaría muy problemático hacer juicios de valor sobre los puntos de vista del profesorado en formación, en términos de "correcto", "incorrecto" o "bueno", ya que la propia naturaleza de la ciencia es una construcción que cambia y evoluciona, y resulta presuntuoso pretender evaluar o medir al profesorado en formación comparando sus concepciones con las de las investigaciones del momento, ya que podrían ellas mismas ser sujeto de crítica académica.

Por todo ello, se pretendía que reflexionaras sobre lo que entiendes por los distintos aspectos o corrientes epistemológicas que aparecen en el texto: relativismo, positivismo, realismo, instrumentalismo, ... (ver anexo 3). También se pretende clarificar dichos conceptos y dar una visión general o introducción de lo que se va a tratar en este tema en relación a la naturaleza de la ciencia y la actividad científica.

Para finalizar la fase de explicitación de ideas se propone la actividad A.3.5. sobre que es la ciencia. Al responder a esta actividad, traducida de Ainkehead y Ryan (1992b) puede surgirse la pregunta de si debes contestar lo que es la ciencia o lo que crees que debería ser. También suele resultar muy difícil elegir sólo uno de los ítems, ya que ninguno de ellos define exactamente qué es la ciencia, la mayoría reflejan aspectos parciales de la misma, por lo que lo ideal sería que llegaras a una definición donde se engloben el carácter teórico de la ciencia (ítem B), el empírico (ítem D), el de invención y aplicación (ítems C, E, y F) así como el colectivo o social (ítem G).

En la siguiente actividad A.3.6. se introducen nuevos puntos de vista, es decir, algunas opiniones sobre qué es la ciencia dadas por distintos autores y que demuestran su complejidad. A continuación (A.3.7), y ante la dificultad de definir la ciencia, revisaremos algunos episodios de su Historia que nos permitan resaltar distintos aspectos que nos ayuden a clarificar nuestras concepciones sobre la ciencia, su naturaleza y su historia. Comenzaremos intentando poner en evidencia que la ciencia es una actividad que comienza por el planteamiento de problemas.

En esta actividad (A.3.7.) (tomada de Jiménez, 1996a) se aborda la relación entre el conocimiento científico y los problemas o preguntas que existieron en su origen, relacionando las teorías con los problemas. Se trata de promover la reflexión sobre la relación entre las teorías y los descubrimientos científicos, y los problemas que estuvieron en su origen, así como de ilustrar la idea de Bachelard (1938) de que todo conocimiento es la respuesta a una pregunta. Por ejemplo para gran parte del alumnado el problema que tiene relación con la selección natural es "la evolución", y es necesaria una discusión y un "torbellino de ideas" para que lleguen a comprender que en realidad el problema que se planteaba Darwin era el origen de tantas especies diferentes sobre la Tierra. No es extraño que estudiantes de Magisterio presenten estas dificultades, ya que la mayoría de los libros de texto presentan los conceptos científicos sin relación con los problemas que los originaron (Nuño, Ruipérez y Vázquez, 1998; Solbes y Traver, 1996), fuera del "contexto de descubrimiento" (Otero, 1989). En concreto, Jiménez

(1990) en un análisis de los libros de texto de Ciencias de Secundaria encuentra que en el tema de la evolución ninguno hacía referencia al problema del origen de las especies.

Continuando con la nueva idea de relacionar los problemas con los descubrimientos científicos, en la siguiente actividad A.3.8. se pone en evidencia el carácter de tarea laboriosa, y en ocasiones realizada a lo largo de muchos años, del trabajo científico, reflexionando sobre el extendido tópico del descubrimiento "por azar" de la penicilina. Por otra parte el estudio al que hace referencia Latour (1996), ayuda a suscitar una polémica sobre la importancia del programa de investigación, o de los modelos teóricos en el desarrollo científico, y sobre si se puede encontrar una cosa que no se busca.

CARÁCTER COLECTIVO DE LA CIENCIA: LOS CIENTÍFICOS Y LAS CIENTÍFICAS

A continuación, una vez introducida en la actividad anterior la idea de ciencia como construcción social y colectiva, y combatida, en parte, la idea de descubrimiento repentino fruto de la tarea de un genio aislado, se pretende profundizar en el modelo de "científico" o "científica" que posees, para hacerte reflexionar sobre la idea de ciencia como construcción humana colectiva, intentando una vez más aproximarnos a una imagen más contextualizada socialmente de la misma.

Comenzaremos con una actividad de explicitación de ideas (A.3.9) utilizando un instrumento diseñado por Begoña Salas (1994) denominado *técnica del pensamiento circular concéntrico*. Otra técnica que también puede ser útil es que mediante un dibujo o comic, ilustres una escena que muestre cómo se está realizando un trabajo de investigación científica.

Solomon (1994a) identificó cuatro categorías en los resultados del análisis de los dibujos:

- el estereotipo que aparece en los chistes y comics, es decir, quien lleva a cabo experimentos sorprendentes y peligrosos;
- quien hace disecciones; su interés es abrir animales para comprobar cosas;
- quien todo lo sabe, su trabajo conduce a resultados exactos
- quien se dedica a la tecnología, su objetivo es diseñar artefactos.

En casi todos los casos la persona científica aparece tipificada como hombre de "raza" blanca, calvo, con gafas gruesas, vestido a la europea (corbata y cuello duro) y con bata blanca. En los pocos casos que aparecen científicas, también suelen llevar bata blanca, gafas y el pelo recogido en una especie de moño.

En nuestros cursos se han obtenido frases del tipo:

Científico: persona de aspecto viejo, loco, introvertido y despistado que viste con bata blanca, investigando reacciones y haciendo experimentos en base a unos conocimientos teóricos en un laboratorio ayudado de probetas y tubos de ensayo.

Científico: hombre, viejo, loco, sabio e inteligente con barba y bata blanca que hace experimentos crueles con los animales en el laboratorio utilizando el microscopio

Científica: mujer loca, con bata blanca con ideas abiertas, que trabaja como investigadora en un laboratorio. Es inteligente, trabajadora, dinámica, con carácter, luchadora, observadora y con iniciativa. En algunos momentos necesita encerrarse en sí misma, para acabar menos estresada.

Método científico: a partir de los conocimientos o conceptos previos, utilizados con cierta meticulosidad se trata de realizar una interacción entre teoría y práctica, ordenando las observaciones y los resultados en mapas conceptuales. Palabras no utilizadas en las frases: dudas, hipótesis, experimento, error conceptual, axiomas.

Trabajo científico: Trabajo realizado en equipo, durante un largo tiempo en un laboratorio con instrumentos como el microscopio. Utilizando unas leyes e ideas nuevas y unas hipótesis previas, por medio de la experimentación, y la observación de unos procesos cambiantes que dan lugar a unos resultados. Palabras no utilizadas en las frases: dificultoso, tenacidad, investigación.

Trabajo científico: Trabajo en grupo subvencionado normalmente por el poder que consiste en realizar una investigación en el laboratorio que lleva a un progreso para el ser humano, por ejemplo: en la industria, aunque por intereses políticos tenga también repercusiones ecológicas perjudiciales. Palabras no utilizadas en las frases: experimentos, resultados, aplicaciones.

Como puede observarse los resultados sobre la imagen de científico son coincidentes con los de Solomon (1994a), a pesar de la diferencia de edad y estudios de los colectivos analizados, ya que los de Solomon corresponden a estudiantes muy jóvenes y los nuestros a estudiantes de segundo curso de Magisterio. Sin embargo es de destacar que cuando se utiliza explícitamente el término científica, aunque vuelven a aparecer muchos de los estereotipos atribuidos a los científicos aparecen gran variedad de adjetivos calificativos positivos en su mayoría y que denotan una cierta imagen de "mujer ejecutiva". Cabría señalar que el grupo donde se utilizó el descriptor científica estaba compuesto íntegramente por alumnas. En lo relativo al trabajo científico se ve que los resultados son más estereotipados cuando se utiliza el descriptor método científico. También se observa que en la imagen de trabajo científico se resalta el carácter colectivo y social desde un cierto punto de vista crítico, quizá debido, en parte, a las actividades realizadas antes de esta.

Existen otros tipos de estereotipos sobre la ciencia y las personas que la producen, por ello, con las siguientes actividades (la primera A.3.10 tomada de Solbes y Vilches (1995) y el texto de la segunda (A.3.11.) tomado de Polo y López, 1987) se pretende combatir los preconceptos del alumnado sobre la ciencia y los científicos y las científicas, según los cuales se muestra una imagen distorsionada y tópica, como por ejemplo, personas "buscadoras de la verdad", o la idea de la "objetividad científica", tópicos que también reproducen los libros de texto y que convendría modificar realizando un tratamiento explícito de ciertos mitos sobre los científicos y científicas y sus métodos de trabajo, planteando contraejemplos que muestren cómo no se comportan según algunas ideas estereotipadas que se les suponen.

La historiografía y la sociología de la ciencia actuales han producido modelos sobre la naturaleza de la ciencia apoyándose más en evidencias empíricas (análisis de conversaciones, de producciones escritas y de actuaciones de investigadoras e investigadores científicos), que en la reflexión filosófica, ya que sus puntos de vista sobre la ciencia están implícitos en sus conversaciones, escritos y actuaciones sobre la práctica científica. Es decir, sus percepciones están ancladas en su práctica profesional y muchas veces los científicos y científicas actuales no se identifican con los puntos de vista de la filosofía, historia y sociología, los cuales pueden resultarles antipáticos (Wolpert, 1992).

Con la última actividad (A.3.12.) también se pretende, por un lado, que puedas regular/evaluar tus producciones iniciales y, por otro, recoger tus aportaciones por escrito para conocer tu situación en este momento del tema, es decir, recapitular lo

aprendido hasta el momento para que puedas ir regulando tu aprendizaje, mediante la detección y gestión de tus posibles errores o dificultades.

Una vez que hayas recapitulado lo aprendido hasta el momento, para finalizar esta primera secuencia didáctica de actividades del tema 3 se plantean dos actividades con la finalidad de que apliques tus nuevos conocimientos. Con la actividad A.3.13. se pretende, por un lado, confirmar si has superado tus estereotipos encontrados en la explicitación de ideas, aproximándote a una imagen de científico y científica más humana, que potencia una imagen de ciencia como actividad colectiva, producida por personas falibles. Y por otro lado, promover la reflexión sobre la no existencia de un método científico único e infalible, sino que como ha sido puesto en evidencia por la filosofía, historia y sociología de la ciencia actuales, las científicas y los científicos no trabajan realmente como dicen que lo hacen en sus producciones y comunicaciones científicas. No podemos hablar ya de un "método científico" bien caracterizado, sino más bien de distintas metodologías científicas. La metodología puede variar de manera flexible, en función de la pregunta y de su marco teórico: algunas veces van a requerir técnicas experimentales (a veces, condicionadas por instrumentos), otras veces requerirán técnicas lingüísticas, puesto que la vinculación entre ideas y hechos científicos se establece por escrito.

La actividad A.3.14. de elaboración de un mapa conceptual sobre la ciencia tienen una doble finalidad, por un lado, familiarizarte con la elaboración de mapas conceptuales y por otro, hacer explícitas tus concepciones actuales sobre la ciencia tras lo trabajado hasta el momento sobre este tema. Puedes contrastar tu mapa conceptual con los que se muestran en el anexo 4 del programa-guía del tema 3 del apartado ACTIVIDADES que fueron elaborados por estudiantes en cursos anteriores.

CORRIENTES EPISTEMOLÓGICAS SOBRE LA NATURALEZA DE LA CIENCIA

En el siguiente mapa conceptual se presenta un esquema clasificatorio de las escuelas de pensamiento en filosofía de la ciencia tomado de Nussbaum, J. (1989). "Classroom conceptual change: philosophical perspectives". *International Journal of Science Education* 11, 530-540. En él se exponen las principales corrientes epistemológicas sobre la naturaleza de la ciencia:

- Los puntos de vista tradicionales: racionalismo y empirismo/positivismo
- La Nueva Filosofía de la Ciencia: Popper, Lakatos, Kuhn, Toulmin, Feyerabend y Laudan.

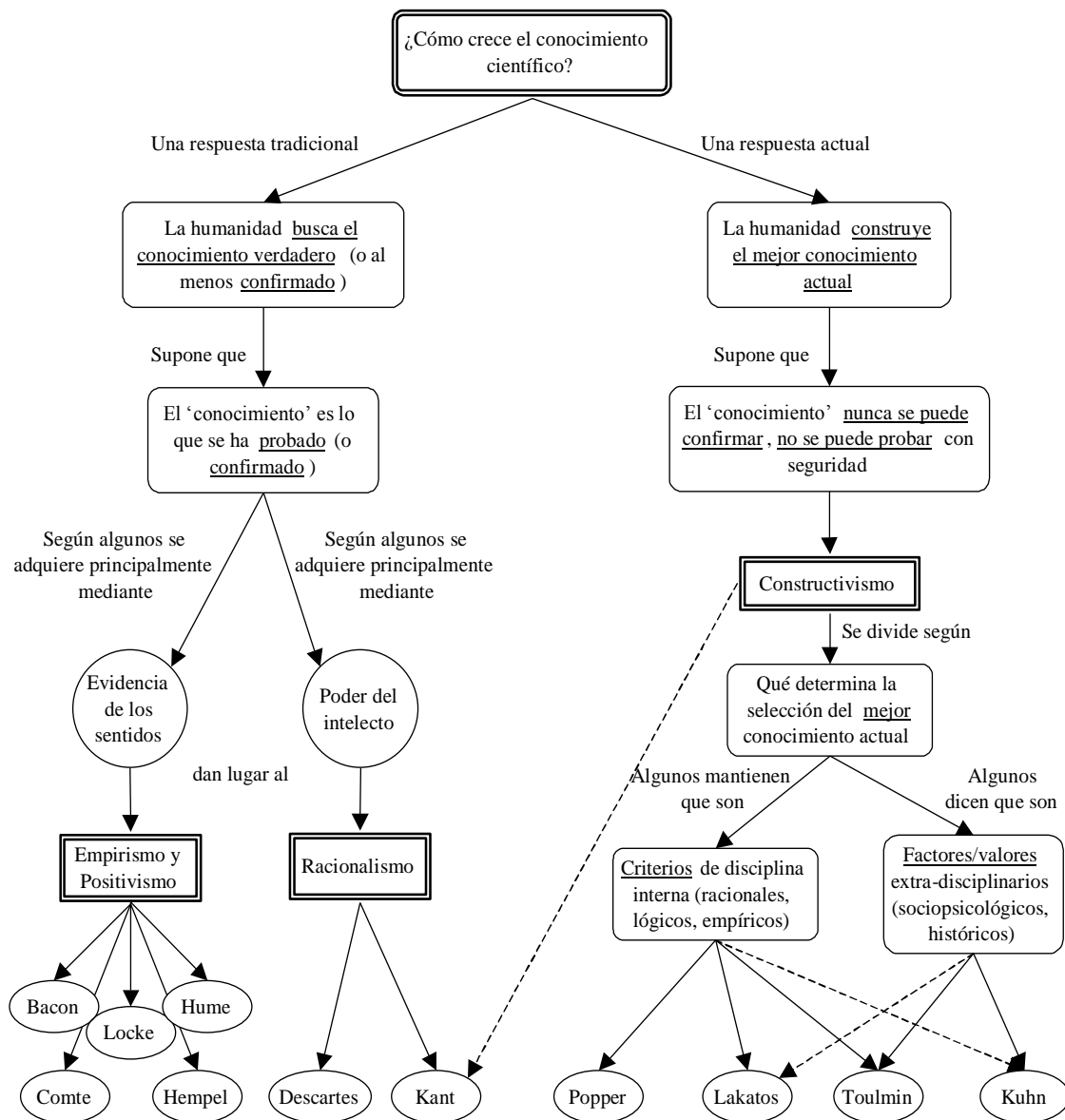
Para completar o aclarar la información lee el texto *¿Qué visiones existen sobre la naturaleza de la ciencia?* de Sanmartí, N. (1997) "Enseñar y aprender Ciencias: algunas reflexiones", en N. Sanmartí y R. Pujol (coord.) *Guías Praxis para el profesorado de la ESO (G.P.P). Ciencias de la Naturaleza*. Praxis: Barcelona.

Ambos textos puedes encontrarlos en la Biblioteca Koldo Mitxelena del Campus de Álava de la UPV/EHU.

En los textos se tratan distintas perspectivas sobre la naturaleza del conocimiento científico que ha habido a lo largo de la Historia. Desde la que concebía la **ciencia como un cuerpo cerrado de conocimientos** (concediendo gran importancia al principio de autoridad) pasando por el **racionalismo** (que consideraba la razón como única fuente de conocimiento), por el **empirismo** baconiano (que identificaba la fuente del conocimiento científico con la experiencia), y el **positivismo**, hasta las posiciones de la **Nueva Filosofía de la Ciencia** (para las que la ciencia es una forma de interpretar la realidad, de construir modelos sobre el mundo, y que señalan que la observación está

cargada de teoría). Finalmente se introduce el giro cognitivo desarrollado en los últimos años por la Nueva Filosofía de la Ciencia, en un intento de preservar y comprender la racionalidad de la ciencia. Una teoría cognitiva de la ciencia que intenta explicar cómo científicos y científicas utilizan sus capacidades cognitivas -percepción, control motor, memoria, imaginación y lenguaje- para, interactuando con el mundo, construir la ciencia moderna. Esta concepción se basa, en cierto modo, en una visión evolutiva de la ciencia análoga a la evolución biológica. Los procesos cognitivos se relacionan con la evolución de las teorías de forma similar a cómo los mecanismos genéticos se relacionan con la evolución de las poblaciones. La genética condiciona la diversidad entre los organismos y la herencia, pero la supervivencia y la evolución dependen de las condiciones ambientales. Así mismo, se puede hablar de diversidad de representaciones o de modelos científicos y de herencia, a través de la transmisión cultural de estas representaciones, cuya supervivencia o evolución también depende de factores sociales (Giere, 1988). Por lo que el desarrollo de la ciencia estaría basado tanto en aspectos cognitivo-rationales como socio-culturales. El debate está abierto y nos muestra que la génesis del conocimiento científico responde a un proceso complejo, que no se puede reducir a la aplicación de reglas, y en el que los factores racionales, los empíricos y los sociales se interrelacionan fuertemente.

Esquema clasificatorio de las escuelas de pensamiento en filosofía de la ciencia (Nussbaum, 1989)



Tras la lectura de los textos anteriores y todo lo trabajado hasta el momento, es el momento de realizar una revisión (metacognición) sobre los conocimientos que has adquirido. Para ello en el programa-guía del tema 3 del apartado ACTIVIDADES, se propone la actividad A.3.15, tomada de Roth (1994) (que fue diseñada para la explicitación de ideas) y utilizada ahora como actividad de revisión, se pretende promover la reflexión o metacognición sobre tus propios puntos de vista del momento comparándolos con los que poseías al comienzo del tema y plasmados en los perfiles sobre la naturaleza de la ciencia obtenidos en la actividad A.3.4. Así, la cuestión 1 alude al instrumentalismo, la 2 se relacionaría con el positivismo, la 3 denotaría un gran realismo y un carácter positivista, la 4 alude al relativismo y al constructivismo y la última ofrece una visión descontextualizada y objetivista de las ciencias y científicos. Esperamos que si vas siendo consciente de tus cambios, evoluciones y progresos, tendrás una mayor motivación para enfrentarse a futuros aprendizajes.

Se espera que tus nuevas producciones te aporten nuevos datos para la regulación de tu aprendizaje y para que puedas reconocer si tus ideas han cambiado hacia una visión de la ciencia más acorde con la propuesta por Driver et al. (1994): *"el conocimiento científico es de naturaleza simbólica y negociado socialmente, y los objetos de la ciencia no son los fenómenos de la naturaleza sino los constructos que la comunidad científica ha elaborado para interpretarla"*. Ello no implica que se pueda considerar que el conocimiento científico sea relativo y que se pueda prescindir de la relación teoría-experimentación, es decir, del componente empírico que ha de permitir establecer relaciones entre el mundo de las ideas y el mundo de los hechos.

HISTORIA DE LA CIENCIA: ANÁLISIS DE ALGUNOS EJEMPLOS

Una de las formas más adecuadas de favorecer la reflexión acerca de la naturaleza de la ciencia entre el profesorado en formación y con el propio alumnado, es el análisis (qué tendrá distinta profundidad según se trate de alumnado, profesorado en formación de primaria o de secundaria, donde se parte de una formación disciplinar: Biología, Química, Física, Geología...) de textos histórico-científicos. Es interesante utilizar también, aunque no resulte fácil, ejemplos de la actualidad científica para poner de relieve algunas facetas interesantes de la naturaleza de la ciencia. El carácter de revolución de algunos avances recientes suministra, según Berta Marco (1995) una temática digna de ser trabajada con el alumnado que termina su enseñanza formal y por supuesto con el profesorado en formación. Sin embargo, los ejemplos que provienen de la historia de la ciencia muestran, muchas veces, más claramente la forma en que las teorías surgen y cambian que los episodios contemporáneos, y permiten, por otro lado, comprender mejor la interacción entre las teorías científicas y el pensamiento cultural y social de una época (Caamaño, 1996). Como apunta (Marco, 1995) otra posibilidad la suministra una lectura detenida de los libros de texto, ya que en ellos, los descubrimientos y el nacimiento de las nuevas teorías, aparecen expresados en fechas concretas y generalmente atribuidos a un genio científico, desvelar la complejidad de estas afirmaciones tan contundentes da pie a interesantes reflexiones didácticas.

Además, el estudio de ejemplos históricos tiene interés, tanto desde el punto de vista de conocer las dificultades que plantea un tema científico, y del análisis de los procesos de cambio, como para analizar qué problemas se relacionan con los modelos teóricos. Si, como dijo Bachelard, toda teoría científica surge como respuesta no arbitraria a un problema, conocer algunos de los problemas para cuya solución se "inventaron" las teorías debería ayudar a su comprensión. Ofrecer las respuestas olvidando las preguntas dificulta la valoración de una teoría e introduce en una "caja

negra" su proceso de gestación. Por lo tanto, coincidimos con Emilio Pedrinaci (1996) al sugerir que no consiste en recargar los saturados programas de ciencias con contenidos de historia de la ciencia, sino que se utilice ésta en la medida en que puede resultar una ayuda inapreciable para la apropiación del conocimiento.

Actualmente, y debido a la atención prestada a las interpretaciones del alumnado sobre los fenómenos naturales, se contempla la Historia de la Ciencia como instrumento útil para comprender las dificultades del aprendizaje. Saltiel y Viennot (1985) hacen notar que, si bien no se puede establecer un isomorfismo estricto entre las ideas del alumnado y las mantenidas por científicos y científicas en otras épocas, ni entre el cambio conceptual experimentado por el alumnado y la sustitución de un paradigma por otro, el profesorado debe tener en cuenta las dificultades que experimentó la comunidad científica para aceptar un nuevo paradigma a la hora de diseñar estrategias para promover el cambio conceptual. Algunas de estas dificultades fueron de gran entidad, recordemos por ejemplo, como indica Asimov (1980): *"la utilización que hacía Lavoisier del calórico muestra bastante bien lo difícil que es hasta para el espíritu más independiente desembarazarse de las ideas recibidas"*; los fuertes intereses alquímicos de Newton (Dobbs, 1975, 1991; Figala, 1977); incluso el propio Darwin mantuvo durante mucho tiempo la idea de la herencia de los caracteres adquiridos (Gruber, 1984).

No obstante conviene resaltar algunas críticas sobre el uso de la historia en la enseñanza de las ciencias destacadas por Sánchez Ron (1988) y por Bizzo (1993) que plantean objeciones a un supuesto "paralelismo" historia-enseñanza. La enseñanza de las ciencias y la historia de las ciencias son disciplinas diferentes con distintos objetivos. Los problemas de los descubrimientos son propios del entorno social del periodo histórico en el que se realizaron y, por lo tanto, distinto del entorno social del alumnado. Además, los elementos históricos utilizados en la enseñanza son reconstrucciones del debate histórico realizados con un objetivo pedagógico específico.

Teniendo en cuenta lo anterior, parece necesario analizar la utilización de la historia de las ciencias en la enseñanza de las mismas. Para ello te proponemos una nueva secuencia didáctica (A.3.16.-->A.3.18.).

Comenzamos con una actividad (A.3.16) de explicitación de tus propias ideas con la que se pretende que conectes directamente el problema de la imagen de la ciencia con la historia de la misma. La historia de las ciencias permite conocer los problemas que originaron la construcción de conocimientos científicos, cómo llegaron éstos a articularse en cuerpos de conocimiento y cuáles fueron las dificultades, así como el contexto social en el que todo ello se produjo. Así, la historia puede proporcionar una imagen de la actividad científica, y de sus protagonistas, diferente de la imagen tópica habitual.

La siguiente actividad A.3.17, cuyo texto se ha tomado de Jiménez (1996a), se completa con la siguiente A.3.18, y pretende ilustrar una posible utilización de la historia de las ciencias en la enseñanza de las mismas, que promueva una imagen más acorde con la naturaleza de la ciencia que la que suele ofrecerse habitualmente en los libros de texto y clases de ciencias. Además te pone en situación de proponer hipótesis y diseñar un experimento de comprobación de las mismas para responder a un problema dado. Problema que aunque quizá hoy en día esté superado en la ciencia actual, no lo es para estudiantes muy jóvenes (y a veces incluso no tan jóvenes). Por último también se pretende que practiques en la utilización de la V de Gowin (ya utilizada en el tema 2), como instrumento muy útil para la interpretación de experimentos y experiencias prácticas, resaltando su conexión con la teoría.

La actividad A.3.18. tomada de Jiménez (1996a) pretende iniciarte en el análisis de experimentos (en este caso de la historia de la ciencia) según diferentes modelos explicativos (corrientes epistemológicas sobre la naturaleza de la producción del conocimiento científico), ilustrando, a la vez, un modo de utilización de la historia de las ciencias en la enseñanza de las mismas e intentando resaltar también las interacciones Ciencia-Técnica-Sociedad (CTS).

Para concluir esta secuencia didáctica sobre la utilización de la historia de las ciencias en la enseñanza de las ciencias te proponemos distintos artículos en los que se plantean los diferentes tipos de relación entre la historia, la filosofía de la ciencia y la educación en ciencias, que aparecen reseñados con (*) en las referencias bibliográficas del tema 3 en el apartado BIBLIOGRAFÍA de este curso. Toda la bibliografía recomendada puedes encontrarla en las Bibliotecas de la UPV/EHU.

IMPLICACIONES DIDÁCTICAS PARA LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS

Una vez esclarecida la visión del profesorado sobre la ciencia y sobre las y los profesionales de la misma y algunas de sus implicaciones para la enseñanza de las ciencias, podemos afirmar que hay una importante unanimidad en considerar la necesidad de una *formación epistemológica del profesorado*, es decir, dotar al profesorado de una formación en historia y filosofía de la ciencia y acostumbrarle a cuestionar su propia praxis desde los modelos teóricos (Hodson, 1986; Duschl, 1990; Izquierdo, 1994a, 1996; Gil, 1993a; Matthews, 1994; Marco, 1995; Porlán y Martín, 1996).

Esta formación debería facilitar la evolución de dichas concepciones hacia posiciones más relativistas, contextualizadas, evolutivas y, en definitiva, más complejas sobre el conocimiento. No obstante, al igual que ocurre con otras necesidades formativas, éstas pueden entenderse en la práctica de una forma academicista, sin tener en consideración algo tan obvio como que no se trata de formar epistemólogas y epistemólogos. Como señalan Rafael Porlán y Rosa Martín (1996) se trataría de formar docentes que necesitan resolver los problemas profesionales que acarrea una visión de la ciencia tan deformada como la presentada en el apartado anterior.

Consideramos, por tanto, que la formación del profesorado de ciencias requiere de la historia, filosofía y sociología de las ciencias, ya que como manifiesta Mercè Izquierdo (1996): *"También éstas han dejado la ciencia-libro y se han ocupado de los aspectos dinámicos de las ciencias. Han ahondado en la comprensión de las circunstancias individuales, técnicas y sociales que confluyen en la formación del conocimiento y nos muestran las múltiples dimensiones del conocimiento científico y su valor educativo: sus objetivos humanos, sus aspectos éticos, estéticos, didácticos y literarios, sus aspectos disciplinares y profesionales, las aventuras y peripecias de los científicos y de las científicas, los condicionantes de un pensamiento lo más riguroso posible, las posibilidades de construcción y reconstrucción de las ideas que proporciona el lenguaje... Conocer todo esto ayuda al docente a diseñar y a desarrollar su propia ciencia escolar"*.

Duschl (1990) considera que la mejora del aprendizaje de las ciencias está vinculada a la coherencia ente el contenido de la instrucción, y las actividades que realizan las y los estudiantes, y la epistemología, por lo que considera muy importante el conocimiento por parte del profesorado de la filosofía de la ciencia, y el uso de los mecanismos de reestructuración como instrumentos en la enseñanza. Según este autor, el desarrollo del conocimiento se comprende mejor *"como una serie de cambios en las*

explicaciones básicas de los científicos acerca de cómo y por qué funcionan las cosas" , y considera que el profesorado de ciencias "se enfrenta al desafío de convencer al alumnado de que el cambio es un elemento normal en el desarrollo del conocimiento científico".

A la vista de todo lo anterior, el paso siguiente consistiría en plantear qué visión de la ciencia debería estar presente en la escuela (de modo que se aproximara más a su construcción y producción), y de qué modo podemos hacer que el alumnado descubra estos aspectos.

Como puede concluirse del recorrido por las epistemologías de la ciencia expuesto anteriormente, el pensamiento reciente sobre la ciencia se ha ido desplazando de un énfasis acusado en el método o en las metodologías científicas hacia la sociología del conocimiento. Lo que se ha llamado "la revuelta historicista en la filosofía de la ciencia" ha mostrado la aparente irracionalidad del cambio científico, dando lugar a una eficaz colaboración entre la filosofía y la historia, y, además, ha supuesto una nueva consideración del componente social en la aceptación o rechazo de los paradigmas de Kuhn, la relativización del método hacia una pluralidad metodológica y, por tanto, la acogida de los aspectos creativos de la búsqueda científica, así como, dando un paso más, la construcción social de los conocimientos de los que nos hablan Latour y otros sociólogos y sociólogas de la ciencia. Este movimiento ha dado pie a la reflexión de representantes de la filosofía y de la historia que como Holton (1993), se han empezado a ocupar de los criterios de demarcación entre ciencia y no-ciencia.

Además, según Berta Marco (1995), paralelamente, la investigación científica de los últimos años, las conferencias con ocasión de algunos Premios Nobel y descubrimientos recientes, están señalando una línea de mayor consideración de los aspectos creativos y artísticos de la búsqueda científica. Por ejemplo, los trabajos de J.M. Lehn (1990) en la Química Macromolecular o los de Kroto (1992) relativos a la elucidación de la estructura del C₆₀. No es tampoco gratuito el que la palabra "serendipity", asociada a los aspectos creativos e incluso inconscientes de los descubrimientos, haya vuelto a sonar e incluso haya sido objeto de varios libros publicados en estos años (Roberts, 1992).

Esto quiere decir que es necesario reconsiderar la visión de la ciencia que transmite el currículo y buscar las estrategias necesarias para redimensionarla, sencillamente porque el modelo, aunque habitualmente se ignore, puede estar seriamente contestado (Marco, 1995).

Hodson (1986) afirma que hay una urgente necesidad de reconsiderar la base epistemológica del currículo de ciencias a la luz de las visiones actuales de la filosofía, historia y sociología de la ciencia y de una mayor consideración de las cuestiones filosóficas en los programas de formación inicial y permanente del profesorado. Pero hasta el momento la educación científica ha puesto en primer lugar el conocimiento científico y se ha prestado poca atención a la historia y filosofía de la ciencia, por lo que en general el profesorado posee una escasa comprensión de la naturaleza del conocimiento científico. Además, plantea que, si bien no existe una visión simple y universalmente aceptada de la ciencia, frente a la visión inductivista de gran parte del profesorado de ciencias tanto en activo como en formación inicial, visión que hace tiempo fue abandonada por la filosofía de la ciencia, si hay un cierto acuerdo sobre un número de puntos relevantes para el currículo escolar:

- La observación depende de nuestras percepciones sensoriales, las cuales son, a veces, inadecuadas y, por ello, pueden ser falibles y carentes de fiabilidad.
- La observación depende de la teoría y a menudo la teoría, aunque no siempre, precede a las observaciones.

- La ciencia utiliza frecuentemente la observación indirecta y ésta, a su vez, depende de una teoría de la instrumentación.
- La observación no proporciona acceso automático a un conocimiento factual seguro, se ha de interpretar a la luz de las creencias teóricas actuales.
- Los conceptos y las teorías son producidos por actos creativos de abstracción e invención. No surgen directamente de la observación por un proceso de generalización inductiva.
- Las teorías se justifican frecuentemente "post hoc" por la evidencia experimental, pero para que se acepte una teoría debe haber una (concebible) evidencia que la apoye.
- Las teorías rivales pueden dar lugar a observaciones diferentes cuando se confronta el mismo fenómeno.
- El conocimiento científico (datos observacionales y teorías) sólo tiene un estatus temporal. Los conceptos y las teorías cambian y se desarrollan; algunas se rechazan.
- La inducción es inadecuada como descripción del "método científico" y por eso los métodos de aprendizaje por descubrimiento empleados a menudo proyectan una imagen distorsionada de la ciencia.

Un modelo de ciencia apropiado para la ciencia escolar

Para intentar caracterizar un modelo de ciencia que pueda fundamentar la innovación didáctica actual puede ser útil recordar los aspectos cruciales del debate que se ha producido a lo largo de la historia sobre qué son las ciencias, reproduciendo las preguntas cruciales y las diversas respuestas (Izquierdo, 1996).

- **¿Por qué queremos conocer el mundo/la naturaleza?** La pregunta se refiere a los objetivos de las ciencias. Las respuestas fueron de dos tipos, con toda clase de posiciones intermedias entre ambos: para dominarla, "arrancándole los secretos"; o como una forma de "amor" hacia la naturaleza, que busca su contemplación y la interpretación de su comportamiento mediante modelos que le dan sentido. Ambos aspectos deberían ser tenidos en cuenta, en la actualidad.
- **¿Cómo conectan los experimentos y las teorías?** La pregunta se refiere al método de las ciencias. Las respuestas, a partir del siglo XVII, fueron de dos tipos, con toda clase de posiciones intermedias entre ambos: inductivistas, que sitúan el experimento antes que la teoría, y racionalistas, que consideran que la razón es más válida que la experiencia. En el siglo XIX se idealizó el método hipotético-deductivo de las ciencias, y fue considerado el paradigma del comportamiento racional. Sin embargo, la historia y sociología de las ciencias actuales han puesto en evidencia que las y los científicos no trabajan realmente como dicen que lo hacen. No podemos hablar ya de un "método científico" bien caracterizado, sino más bien de distintas metodologías científicas
- **¿Cómo cambian las ciencias?** La pregunta se refiere a la racionalidad científica, es decir, a la posibilidad de juzgar si una aportación (experimental o teórica) es válida o no lo es. Las respuestas son de dos tipos: cambian por criterios racionales; o lo hacen por consenso social, sin reglas establecidas. Para referirnos a una racionalidad que tiene en cuenta la inducción (a pesar de que la Lógica no pueda establecer una relación fiable entre los casos particulares y su generalización) hablamos de "racionalismo moderado"; y de "ciencia naturalizada" para referirnos a una racionalidad no categórica sino hipotética: podemos saber cosas sobre la racionalidad científica si estudiamos qué hacen los científicos y científicas para hacer ciencia, sin necesidad de establecer como punto de partida lo que es la racionalidad científica (Newton-Smith, 1987).

- **¿Nos dicen algo las ciencias sobre el mundo real?** La pregunta se refiere a la naturaleza de las representaciones científicas (las teorías). Las respuestas fueron básicamente de dos tipos, con posiciones intermedias entre ambos. Según la postura "realista", las teorías nos dicen como es el mundo y las entidades teóricas también son reales. Actualmente, son una minoría quienes son realistas a ultranza. Según un postura no realista, las teorías son construcciones de la mente o de la sociedad. A partir de esta afirmación podemos considerar que es imposible saber nada del mundo (escepticismo), o que proyectamos en él nuestras ideas (idealismo) o que sólo podemos aspirar a manipular los fenómenos, pero sin llegar a conocer su fundamento (instrumentalismo); evidentemente, ninguna de las tres posturas es válida para la ciencia escolar.

Estas cuatro dimensiones: objetivo, método, racionalidad (juicios) y realismo, pueden ayudarnos a caracterizar los diversos modelos de ciencia.

Una vez caracterizado un modelo para la ciencia escolar, con la intención de que puedas evaluar tus aprendizajes realizados en el tema te proponemos una actividad, con la que se pretende que autoevalúes tus concepciones actuales tras el desarrollo del tema en situación de aula. Se pretende que conozcas qué concepciones sobre la ciencia manifestarías en situaciones que podrían surgir en el aula de ciencias. Para ello utilizamos algunas "*incidencias críticas*" ("*critical incidents*") traducidas de Nott y Wellington (1998). Intentamos en definitiva establecer interacciones entre tu comprensión sobre la naturaleza de la ciencia y tus acciones como docente, poniendo de manifiesto las implicaciones didácticas del tema 3.

Con la intención de facilitarte la autoevaluación en cada actividad se han incluido comentarios y algunas propuestas de valoración.

Para finalizar esta secuencia didáctica (y este tema 3) en las siguientes actividades A.3.21. te proponemos la lectura de algunos artículos para que elabores tu propia síntesis y reflexión donde se muestren tus nuevos conocimientos aprendidos a lo largo de este tema y en la actividad A.3.22 te planteamos algunas cuestiones para la revisión (metacognición) del grado de asimilación de los aspectos tratados, desde tu propia reflexión sobre lo aprendido y propongas algunas estrategias para mejorar el programa-guía 3 utilizado en el tema. Sería conveniente que contrastes tus reflexiones finales con las que hayas ido anotando en la ficha para elaboración de diarios propuesta como primera actividad del tema 3 (A.3.0.) en el programa guía 3 del apartado ACTIVIDADES.