

# La reflexión metacientífica a través del cine: un estudio sobre los saberes docentes

<sup>1</sup>Carola Astudillo, <sup>2</sup>Alcira Susana Rivarosa, <sup>3</sup>Félix Ortiz

Dpto. de Ciencias Naturales, Facultad de Ciencias Exactas, Físico-Químicas y Naturales. Universidad Nacional de Río Cuarto, Argentina. <sup>1</sup> [castudillo@rec.unrc.edu.ar](mailto:castudillo@rec.unrc.edu.ar), <sup>2</sup> [arivarosa@exa.unrc.edu.ar](mailto:arivarosa@exa.unrc.edu.ar), <sup>3</sup> [fortiz@exa.unrc.edu.ar](mailto:fortiz@exa.unrc.edu.ar)

[Recibido en diciembre de 2011, aceptado en marzo de 2012]

Se argumenta el valor de la reflexión metacientífica en la formación del profesorado y se discute el aporte del cine como recurso didáctico para promover dicha reflexión. A partir de ello, se presenta una actividad de formación que consiste en el visionado e interpretación guiada de producciones cinematográficas que relatan procesos reales de investigación en ciencias. Tras su implementación con diferentes grupos de profesores y estudiantes de profesorado, se analizan los saberes docentes que la actividad moviliza. Para ello se definen algunos indicadores de reflexión metacientífica que refieren a la ciencia como empresa *humana*, en diálogo con la sociedad, la historia y la cultura.

**Palabras claves:** reflexión metacientífica; cine; saberes docentes; profesorado de ciencias.

## The metascientific reflection through the cinema: a study on teacher knowledge

This paper argues the value of reflection about the nature of science in teacher training and discusses the contribution of films as a didactic resource to promote such reflection. Thus, a training activity consisting of watching science research films is presented together with a subsequent guided interpretation of them. After its implementation with different groups of teachers and trainee teachers, the teacher knowledge that the activity implies is analyzed. Some metascientific reflective indicators that refer to science as human enterprise are defined in relation to society, history and culture.

**Key words:** metascientific reflection; cinema; teacher knowledge; science teaching.

## A modo de introducción

La formación inicial y continua del profesorado es una preocupación principal en el campo de la didáctica de las ciencias, especialmente a partir de los 90. Desde entonces, ha cobrado especial relevancia la investigación sobre las necesidades formativas del profesor desde un enfoque evolutivo y continuo. Esta perspectiva procura atender al carácter constructivo, contextual y sistémico del aprendizaje profesional y definir alternativas de formación orientadas a promover procesos de cambio didáctico (Furió, 1994; Romero Ayala, 1998, Porlán, 1998; Porlán y Rivero, 1998; Maiztegui, González, Tricárico, Salinas, Pessoa y Gil, 2000; Baena Cuadrado, 2000; Porlán, 2002; Mellado, 2003; Vázquez, Manassero, Acevedo y Acevedo, 2007; Astudillo, Rivarosa y Ortiz, 2008a, 2008b; 2009; Carrascosa, Martínez, Torregosa, Furió y Guisasaola, 2008).

El esfuerzo recae en las metas de cuestionar el pensamiento docente espontáneo y ofrecer la posibilidad de indagar y contrastar alternativas prácticas a partir de la vivencia de propuestas innovadoras y la reflexión didáctica explícita. Desde esta perspectiva, la formación docente se concibe como la apuesta por un conocimiento incrustado en *ámbitos de problemas relevantes de la enseñanza de las ciencias* (Copello y Sanmartí, 2001; Feldman, 2004; Tardif, 2004; Perrenoud, 2007; Bolívar y Bolívar, 2011).

Entre ellos, *la naturaleza del conocimiento a enseñar* emerge como ámbito principal. Al respecto, las investigaciones comienzan a demostrar la necesidad formativa de situar el entramado teórico de cada disciplina en el conocimiento de la historia y epistemología de la ciencia y sus relaciones con la enseñanza (McComas, 1998; Boido, 1999; Campanario, 1999; Hernández y

Prieto, 2000; Cachapuz y Paixao, 2002; Adúriz, Perafán y Badillo, 2002a; Adúriz, Izquierdo y Stany, 2002b, Adúriz, 2009; Camacho, González y Padrón, 2005; Schwartz & Crawford, 2006; Carrascosa, Gil, Vilches y Valdés, 2006; Guisasaola y Morentin, 2007).

La consolidación de este tipo de propuestas de formación docente asume hoy una perspectiva de gradualidad. Consideramos que un posible punto de partida es estudiar *lo que sucede* en el contexto de experiencias de formación docente fundadas en estos principios que, aunque aisladas, ya se encuentran *funcionando* en las instituciones formadoras. No nos referimos a una investigación orientada a *ajustar* empíricamente dichas prácticas sino, más bien, a definir *hipótesis de progresión del conocimiento profesional docente*, precisando los recursos, estrategias y actividades con que esta progresión se vincula (Reigeluth y Frick, 1999; Cobb, Conferí, DiSessa, Lehrer y Schauble, 2003; Collins, Joseph y Bielaczyc, 2004; Peterson y Herrington, 2005).

Este es el enfoque adoptado en el estudio que presentaremos a continuación y que tiene por objetivo analizar la *dinámica* de los saberes docentes en un contexto de formación especialmente pensado para la reflexión sobre los procesos de producción científica. Consideraremos para ello, una actividad de formación implementada con diferentes grupos de docentes de ciencias y estudiantes de profesorado que consiste en el *visionado y reflexión guiada respecto de producciones cinematográficas* que relatan el contexto y desarrollo de procesos reales de investigación en ciencias.

En primer lugar, ofreceremos una breve argumentación respecto del valor de la reflexión metacientífica en la formación del profesorado apelando a la literatura de investigación más reciente. En segundo lugar, referiremos a los aportes que -desde nuestra perspectiva- ofrece el *cine* como recurso didáctico para promover dicha reflexión. Finalmente, presentaremos la metodología de estudio desarrollada y una síntesis de los resultados principales.

## **El valor de la reflexión metacientífica en la formación del profesorado**

Se reclama hoy un lugar principal para la reflexión sobre la naturaleza de la ciencia en la formación del profesorado. Al respecto se señalan tres argumentos principales. El primero de ellos se vincula con la persistencia de clásicas imágenes heredadas, sedimentadas por la propia biografía de formación y ampliamente documentadas por la investigación en el campo (McComas, 1998; Campanario, 1999). Positivismo, empirismo, racionalismo, idealismo, realismo son posiciones arraigadas en el pensamiento del profesorado, desde las que se sostienen algunas visiones clásicas acerca de las ciencias naturales: *la ciencia permite el acceso a la verdad acerca del universo; la ciencia es la búsqueda ordenada, meticulosa y exhaustiva de datos; la ciencia procede siempre por evaluación lógica y racional; los científicos son seres desinteresados y objetivos, entre muchas otras* (Cachapuz y Paixao, 2002; Nadeau & Desautels, 1984, citado en Hodson, 2008).

Frente a estas imágenes, la reflexión metacientífica emerge como escenario para su explicitación y contrastación con ideas superadoras y alternativas. Su valor *intrínseco* reside en la posibilidad de romper progresivamente con la dicotomía entre cultura científica y cultura humanística en que hemos sido históricamente formados y relativizar la fragmentación del saber científico desde una perspectiva integrada y abierta. Nos referimos aquí al *valor específico* de las metaciencias como reflexión sobre la empresa científica que ofrece una imagen más completa y dinámica, superadora de aquellas visiones normativas y dogmáticas (Adúriz et al, 2002b).

El segundo argumento se relaciona con la práctica de enseñanza en ciencias y reconoce cierto descuido -más o menos generalizado- respecto de la reflexión metacientífica del profesorado sobre el currículum escolar. Este descuido se expresa en diversos aspectos de la enseñanza

como: el lenguaje usado en clase, las actividades de aprendizaje, los ejemplos de ciencia y de científicos que se emplean, el material ilustrativo y biográfico en los textos, etc. (Nadeau & Desautels, 1984, citado en Hodson, 2008).

En este plano, la reflexión sobre la naturaleza de la ciencia emerge como ayuda para evitar la transmisión de confusiones conceptuales y epistemológicas, brindando herramientas para explicitar, comunicar y estructurar ideas y conceptos. Este *potencial instrumental* de los enfoques históricos y epistemológicos contribuye, además, a la comprensión más profunda de las dificultades para aprender contenidos de ciencias. Vinculado a ello, es también una herramienta para atender al riesgo de inducir en los estudiantes obstáculos epistemológicos que impidan las rupturas necesarias para un aprendizaje significativo (Adúriz et al, 2002b; Boido, 1999; Hernández y Prieto, 2000; McComas, 1998; Paruelo, 2003; Adúriz, 2011).

Por su parte, el tercer argumento señala la fugaz conciencia que los docentes suelen tener acerca de los condicionamientos socio-culturales e históricos de la ciencia. Al respecto, la reflexión metacientífica asume un *valor especialmente cultural* que, con un sentido democrático y ético, se traduce en la posibilidad de tomar decisiones fundamentadas y críticas acerca de la producción científica y tecnológica.

Es esta formación la que, creemos, configura el marco de significados necesario para transmitir la *pasión* por la ciencia como aventura del pensamiento y vincularla con otras actividades humanas, reconociendo sus ricas conexiones con la política, la economía, la religión, el arte... (Adúriz et al., 2002b; McComas, 1998, Adúriz, 2011).

Ahora bien, una formación docente capaz de reconocer la triple argumentación que acabamos de presentar debería incluir, al menos, algunas de las siguientes líneas de reflexión:

- Situar la ciencia en el mundo de la historia y la cultura, asumiendo que lo que sucede en estos planos configura las condiciones de posibilidad y la relatividad de las prácticas de conocimiento.
- Abordar las relaciones ciencia-tecnología-sociedad remitiendo a los contextos cultural, filosófico, histórico, ético, tecnológico, artístico, etc. a fin de conocer la naturaleza de los desarrollos científicos y tecnológicos actuales. Comprender los orígenes míticos y religiosos de la ciencia.
- Conocer las tensiones entre la ciencia y sus usos a lo largo de la historia de la humanidad y valorar la ciencia como conocimiento tentativo, en continuo cambio, comprendiendo los problemas que dieron origen a la construcción de los conocimientos científicos y cómo estos llegaron a articularse en cuerpos coherentes.
- Conocer las estrategias metodológicas empleadas en la construcción de los conocimientos: cómo los científicos abordan los problemas, los criterios de aceptación y validación de hipótesis y teorías. Abordar los conceptos de pluralidad metodológica y carga teórica de la observación, así como el problema de la objetividad y el papel del error y el azar.
- Evaluar afirmaciones, evidencias y modelos de construcción del conocimiento en ciencias. Distinguir entre hechos, hipótesis, teorías y leyes, abordando la naturaleza probabilística del dato científico y el papel de los procesos creativos.
- Comprender la influencia de valores personales y colectivos en el pensamiento científico. Interpretar la ciencia desde la diversidad de posiciones morales que la atraviesan. Comprender la ciencia como negocio, cuando intervienen empresas y como tarea signada por competencias profesionales, conflictos socio-políticos y relaciones de poder.

- Incorporar la discusión acerca de los procesos de acuerdo, revisión de pares y sistemas de reconocimiento, así como la dinámica de relaciones que condicionan las prácticas de conocimiento en las instituciones y las prácticas de resistencia al poder instituido.
- Analizar la naturaleza y el papel de los espacios de comunicación, divulgación, actualización y legitimación de la producción científica (revistas, seminarios, congresos, etc.)
- Comprender el componente burocrático y administrativo y el papel de los poderes públicos como motor del trabajo científico. Comprender la naturaleza pública de la ciencia, así como el carácter casi industrial de la ciencia moderna.

### **Cine y naturaleza de la ciencia en la formación del profesorado**

Diversidad de experiencias de formación docente comprometidas con estas líneas de reflexión vienen siendo documentadas por la literatura de investigación. Entre ellas, es frecuente el desarrollo de espacios curriculares específicos de Historia y Filosofía de la Ciencia donde se abordan posiciones post-positivistas y lo que ellas significan en la construcción del currículo y su enseñanza (Mc Comas, 1998).

En algunos casos, estas experiencias se proponen relacionar la naturaleza de la ciencia con contenidos disciplinares a través de casos históricos o episodios epítomicos de la historia de las ciencias (Adúriz, 2009). Estas propuestas reconocen ejemplos paradigmáticos significativos y potentes (Quintanilla, Izquierdo y Adúriz, 2005) que permiten otorgar un sentido profundamente humano a la reflexión y recuperan el potencial de la narrativa para la formación en actitudes y valores.

Una meta principal de dichas experiencias es clarificar y articular las nociones tácitas acerca de la naturaleza de la ciencia, desafiándolas con concepciones alternativas. Es decir, construir la componente metacientífica a partir de los saberes científicos y didácticos y la naturaleza de la ciencia que ya traen los profesores (Quintanilla et al., 2005). Entre estas posibilidades, el recurso a medios audiovisuales, especialmente el cine y la televisión, parece haber cobrado especial interés.

Es ampliamente reconocido el uso del cine como recurso didáctico con múltiples fines pero que, en general, comparten la meta de superar enfoques fragmentados en temas o conceptos. En este marco, el cine aparece con un efecto principalmente integrador: por un lado, de saberes históricos, geográficos, filosóficos, psicológicos, etc.; y por otro, de diferentes lenguajes: música, movimiento, palabra, imagen. Asimismo, vehiculiza múltiples sensibilizaciones, evocaciones e identificaciones vinculadas a valores y actitudes (De la Torre, Oliver, Violant, Tejada, Rajadell y Girona, 2003).

Además, desde hace algún tiempo, el cine está en la mira de los especialistas en educación científica preocupados por la influencia que los significados que circulan en los medios pueden ejercer sobre la comprensión de la ciencia. Es así como los solapamientos entre realidad y ficción se configuran en foco de la investigación en didáctica orientada a identificar las posiciones y percepciones de la ciencia que se vehiculizan, los conflictos de valores que definen su trasfondo, así como sus potencialidades educativas (Barnett, Wagner, Gatling, Anderson, Houle, Kafka, 2006; Sierra, 2007; Piassi y Petrocola, 2007).

De este modo, el cine se convierte en un medio privilegiado para el análisis, no sólo de fenómenos y leyes, sino también de la coherencia y plausibilidad tecnocientífica que se plantea, la interpretación del contexto histórico que sitúa la génesis del relato, los problemas éticos emergentes, los condicionantes sociales, políticos y económicos y la propia naturaleza de la actividad científica y tecnológica (Guerra, 2004; Sierra, 2007; Piassi y Petrocola, 2007). Pero

especialmente se valora al cine como recurso divulgativo, para promover la imaginación y el pensamiento especulativo y como referente de valores y actitudes científicas en tanto genera un alto nivel de identificación o repulsa con los personajes (Torre citado por Santibáñez y Gil, 2003; García, 2008). Ello no significa negar que muchas ideas, datos y conceptos científicos incluidos en las películas suelen presentar grandes errores o acercar interpretaciones simplistas, tras las metas del entretenimiento y la espectacularidad. De todos modos, si el visionado es adecuadamente conducido, puede ser fuente de analogías y metáforas potentes o herramienta para promover la discusión de estereotipos y preconcepciones (García, 2008, 2011).

## Visionado del films y reflexión epistemológica

Retomando las intenciones expresadas al inicio, cabe preguntarnos: ¿Qué saberes docentes se *movilizan* efectivamente en estos contextos de formación docente? ¿Qué conceptos, valores, interpretaciones emergen como *novedades* para pensar la naturaleza de la ciencia? ¿Cuáles son aquellos componentes del saber docente que revisten mayor *resistencia al* cambio y continúan reproduciendo visiones clásicas acerca de la actividad científica y sus productos?

Estos son los interrogantes que hemos pretendido abordar en el estudio que presentaremos a continuación y que ha tenido como contexto una actividad de formación docente implementada con diferentes grupos de profesores y futuros profesores de ciencias. Concretamente, y como instancia de trabajo no presencial, se propuso a los participantes la elección y el visionado de una de las siguientes películas: “Y la banda siguió tocando”, “Creación” y “Casas de fuego” (ver sinopsis en [anexo](#)). Todas ellas son producciones cinematográficas de género dramático, seleccionadas porque recrean casos reales e historias de investigación científica, al tiempo que dan cuenta de sus múltiples implicancias socio-históricas, culturales y políticas.

Además, cada participante recibió una consigna donde se solicitaba la elaboración de un comentario escrito acerca de la película atendiendo a una serie de categorías: a) contexto socio-económico, b) contexto cultural, c) papel de las instituciones involucradas, d) personalidad y vida social de los protagonistas, e) metodología científica, f) recursos para la investigación y g) comunidad científica. Estas categorías se definieron a priori y se presentaron a los participantes con la intención de ofrecer orientaciones amplias que permitieran la emergencia de saberes, impresiones y sentidos a partir de la sensibilización que ofrece el visionado. Cabe señalar que quedó a criterio de los participantes la decisión de realizar el comentario de manera individual o grupal.

Una vez recogidas las producciones escritas de los participantes, se procedió a su estudio en función de estas mismas categorías. Para cada una de ellas se definieron -en función de los lineamientos citados- algunos indicadores de reflexión metacientífica, tal como se detalla en las tablas de resultados (tablas 1 a 7). Cabe aclarar que se estudiaron en total 40 producciones, en cuya elaboración participaron 78 sujetos: 58 docentes de diferentes niveles educativos y 20 estudiantes de profesorado.

El estudio se desarrolló en dos fases: 1º) clasificación de las ideas expresadas por los participantes en sus producciones en función de las categorías citadas y sus respectivos indicadores, 2º) discusión de estos resultados en términos de *resistencias y movilizaciones* de los saberes docentes.

## Resultados de la primera fase de análisis

A continuación se presentan los resultados correspondientes a la primera fase de análisis. Cada tabla presenta una síntesis de las ideas expresadas por los participantes en relación con cada una de las categorías consideradas y sus indicadores (tablas 1 a 7).

**Tabla 1.** Ideas de los participantes respecto del contexto socio-económico.

<b>1. Contexto socio-económico</b>		
<p><b>1.1. Conflictiva socio-política de la empresa científica</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Intereses políticos y económicos de sectores influyentes condicionan el proceso de investigación y divulgación</li> <li>-Manipulación de argumentos sobre el problema por parte de sectores que ven amenazados sus intereses económicos</li> <li>-Desigualdades centro-periferia en la producción científica</li> <li>-Sostenibilidad - discontinuidad de las medidas de apoyo político a la investigación</li> <li>-Condicionantes de economía global, nacional o local sobre prioridades del gasto público en ciencia</li> </ul>	<p><b>1.2. Naturaleza pública de la ciencia</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Dimensión educativa de la divulgación científica</li> <li>-Pánico social asociado a procesos de desinformación</li> <li>-Perspectiva de derecho respecto de los hallazgos científicos y cuestionamiento de responsabilidades del estado.</li> <li>-Responsabilidad y ética científica respecto de problemas que atañen a la calidad de vida de las personas</li> </ul>	<p><b>1.3. Condiciones socio-económicas en la definición del problema</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-La contextualización del problema de investigación involucra el reconocimiento de desigualdades sociales</li> <li>-Interpretaciones no neutrales respecto de las causas del problema</li> <li>-Condiciones geográficas, laborales y económicas de los sectores afectados como claves de la definición del problema</li> </ul>

**Tabla 2.** Ideas de los participantes respecto del contexto cultural.

<b>2. Contexto cultural</b>		
<p><b>2.1. Diálogos ciencia-creencia</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Inconmensurabilidad entre interpretaciones religiosas y racionalidad científica dificulta un diálogo no exento de intereses implícitos</li> <li>-Dimensión histórica de las tensiones ciencia - creencia</li> </ul>	<p><b>1.2. Diálogo ciencia - prácticas culturales</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Problemática de género en la conformación de grupos de investigación</li> <li>-Beneficencia a proyectos de investigación como práctica de <i>status</i></li> <li>-Resistencia de prácticas culturales frente a resultados de investigación. Negociación de significados al respecto.</li> </ul>	<p><b>1.3. Ciencia y cosmovisiones</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Avances en la investigación motivan cambios de perspectiva acerca del problema</li> <li>-Crisis de paradigmas y resistencias asociadas a este proceso.</li> <li>-Prejuicios culturales condicionan interpretación de resultados de investigación (prototipos de <i>normalidad</i>).</li> </ul>

**Tabla 3.** Ideas de los participantes respecto de las instituciones involucradas.

<b>3. Instituciones involucradas</b>	
<p><b>3.1. Ciencia como negocio: la intervención de las empresas</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Participación de entidades privadas en el financiamiento y delimitación de contenidos, objetivos y alcances de investigaciones</li> <li>-Conflictos en instituciones de salud frente a intereses comerciales y de prestigio afectados por controvertidos hallazgos científicos</li> </ul>	<p><b>3.2. Niveles y espacios de institucionalización del poder</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Voluntad política coyuntural del Estado en el financiamiento de la investigación científica y su sostenimiento. Políticas espasmódicas</li> <li>-Creación de centros especializados de investigación como apéndices de Universidades: estudios regionales, problemática centro-periferia</li> <li>-La ingerencia del Estado en la divulgación de resultados, manipulación de datos estadísticos, intereses en pugna con medios de comunicación, censura</li> <li>-Legitimidad otorgada a la Iglesia para juzgar la validez del trabajo científico. Relaciones saber – poder enmarcan conflictos interinstitucionales</li> <li>-Papel del financiamiento de los estados provinciales como política local – regional</li> <li>-Relaciones entre instituciones de ciencia y salud. La asistencia social como política de conocimiento</li> <li>-Instituciones mediadoras de la comunicación científica de la época (ferrocarril, correo)</li> </ul>

**Tabla 4.** Ideas de los participantes respecto de la personalidad y vida social de los protagonistas.

<b>4. Personalidad y vida personal de los protagonistas</b>	
<p><b>4.1. Personalidad</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Personalidad fuerte y segura de sí. Perseverancia, compromiso, esfuerzo</li> <li>-Ética profesional, vocación, valores humanos, pasión, entrega, idealismo, voluntad de saber, curiosidad, interés genuino</li> <li>-Personalidad irritable y contestataria</li> <li>-Intereses individuales perseguidos inescrupulosamente, ambición desmedida</li> <li>-Posibilidad de argumentar posiciones controvertidas. Sujeto observador, detallista, abnegado, personalidades arriesgadas y transgresoras</li> </ul>	<p><b>4.2. Vida personal</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Sacrificios, renunciamentos y asunción de riesgos.</li> <li>-Momentos de debilidad/desaliento o fortaleza/gratificación asociados al progreso de la investigación</li> <li>-Desconcierto ante presiones externas. Los debates internos del científico en tanto sujeto cultural comprometido con su tiempo.</li> </ul>

**Tabla 5.** Ideas de los participantes respecto de la metodología científica.

<b>5. Metodología científica</b>		
<p><b>5.1. Relatividad y provisionalidad de la producción científica</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Explicaciones parciales y provisorias de integración progresiva</li> <li>-Complejización del método y reformulación de explicaciones más completas y ajustadas</li> <li>-El papel del error. Incógnitas no resueltas retroalimentan el proceso</li> <li>-Hitos en la investigación delimitan rupturas o nuevas comprensiones fundamentales</li> <li>-Explicaciones parciales se ajustan gracias a nuevas posibilidades tecnológicas</li> <li>-Avances y retrocesos en la evaluación de pruebas, regularidades y valoración de antecedentes</li> </ul>	<p><b>5.2. Estrategias metodológicas: pluralidad y carga teórica de la observación, procesos de validación, creatividad</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Proceso recursivo de observación, registro y conjeturas</li> <li>-Nuevas constataciones conducen a definir problemas y preguntas no pensadas</li> <li>-Búsqueda de regularidades en manifestaciones distantes del problema</li> <li>-Multiplicidad de estrategias de recolección de datos</li> <li>-Interjuego teoría – observación</li> <li>-Creatividad en el proceso experimental</li> <li>-Valor del dato estadístico y representatividad de las muestras</li> <li>-Riesgos de los estudios in situ para el grupo de investigación</li> </ul>	<p><b>5.3. Integración en cuerpos coherentes</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Aporte de antecedentes y estudios complementarios</li> <li>-Construcción de hipótesis a partir de resultados de observación previos</li> <li>-Diálogo entre observaciones, hipótesis iniciales y literatura de investigación permite precisar el trabajo de campo y el diseño experimental</li> <li>-Recuperación de la historia y contexto de surgimiento del problema</li> <li>-Descubrimientos progresivos van completando el cuadro explicativo del problema</li> <li>-Búsqueda de relaciones en la definición de un modelo explicativo integrado</li> <li>-Importancia histórica de los hallazgos</li> <li>-Los antecedentes marcando líneas de continuidad en la investigación</li> </ul>

**Tabla 6.** Ideas de los participantes respecto de los recursos para la investigación .

<b>6. Recursos</b>		
<p><b>6.1. Subsidios económicos: procesos de gestión</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Disponibilidad de recursos condicionada por intereses políticos y académicos.</li> <li>-Procesos institucionales de gestión de recursos</li> <li>-Obtención de recursos por voluntad individual de los investigadores. Inversión de recursos económicos personales</li> <li>-Problemática centro – periferia en la distribución de recursos para investigación científica.</li> </ul>	<p><b>6.2. Recurso tecnológico como condición de posibilidad teórico-metodológica</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Limitaciones técnicas y tecnológicas en función de los avances del momento</li> <li>-Dificultades en el acceso a instrumental de importación</li> <li>-Posibilidades de observación y conocimiento asociadas a instrumental y tecnología adecuada</li> </ul>	<p><b>6.3. Recurso tiempo y condiciones espaciales</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-El condicionante temporal en la investigación, dado el carácter acuciante del problema</li> <li>-La interacción tecnología,-espacio-tiempo en la consecución de objetivos</li> </ul>
		<p><b>6.4. Procesos de adecuación de recursos</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Problemática de locación de laboratorios en zonas alejadas de los centros de investigación.</li> <li>-Problemática ética en la obtención de muestras</li> <li>-Procesos creativos de adecuación de recursos disponibles</li> <li>-Complementariedad de estudios locales con otros desarrollados en contextos de mayores recursos</li> </ul>

**Tabla 7.** Ideas de los participantes respecto de la comunidad científica.

<b>7. Comunidad Científica</b>		
<p><b>7.1. Naturaleza competitiva del trabajo científico</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Dificultades de comunicación en el marco de intereses y valores contrapuestos</li> <li>-Competitividad en la comunidad científica internacional por la obtención del crédito principal</li> <li>-Centros privados de investigación movidos por intereses económicos y de reconocimiento académico</li> <li>-Desigualdades de género</li> </ul> <p>El alto perfil científico y metodologías no convencionales promueven clima hostil y celos profesionales</p>	<p><b>7.2. Sistemas de reconocimiento y premiación</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Complejidad de los procesos de reconocimiento de hallazgos que <i>rompen</i> con modelos explicativos vigentes</li> <li>-Sistemas de reconocimiento académico y posibilidades de consolidación de las investigaciones</li> </ul> <p>Premios y galardones</p>	<p><b>7.3. Circuitos de comunicación científica</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Medios y escenarios de comunicación institucionalizados como espacios de legitimación del trabajo académico</li> <li>-Supremacía de los medios gráficos como herramienta de divulgación científica del momento</li> </ul>

**Tabla 7.** Continuación.

	<p><b>7.4. Ciencia como empresa colectiva y colaborativa</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Intercambio de resultados parciales en la comunidad científica internacional</li> <li>-Rutinas de colaboración en la práctica científica</li> <li>-Diálogo entre estudios complementarios.</li> <li>-Interdisciplinariedad en el abordaje de problemas complejos</li> </ul>	<p><b>7.5. Cultura institucional-académica</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Crítica a la Universidad desvinculada del medio</li> <li>-Condiciones de sostenibilidad laboral de los equipos de trabajo</li> <li>-Relaciones investigación – formación de recursos humanos,</li> <li>-Relaciones docencia – investigación</li> <li>-Verticalismo en la organización universitaria. Elitismo.</li> </ul>
--	--	--

**Resultados y discusión de la segunda fase de análisis**

La explicitación y argumentación de estas ideas que acabamos de clasificar difieren en complejidad y profundidad. En este sentido, algunas de ellas traducen visiones simplificadas, descontextualizadas y lineales acerca de la actividad científica. Estos componentes, de fuerte *resistencia* al cambio, coexisten y se complementan con otros que introducen indicadores de *novedad, reformulación o movilización* de nuevos significados más complejos e integrados.

Así, respecto de las categorías *Contexto socio-económico y cultural*, algunas expresiones aluden a las relaciones entre procesos de investigación científica y manifestaciones de la cultura en cada momento histórico, principalmente aquellas que aluden al plano de las creencias religiosas. De todos modos, es posible advertir diferentes modalidades de formulación: en un nivel más superficial, las expresiones se reducen a la identificación de una oposición o controversia en términos más bien generales. Mientras, otros casos consiguen incorporar la discusión respecto de la inconmensurabilidad de las posiciones en disputa así como el conflicto en torno a prácticas de sujetos e instituciones.

*Ej.: “Cuando da sus resultados y desea seguir investigando se encuentra con que tenía a la Iglesia en su contra acusándolo de blasfemar a Dios... el sacerdote, en su ignorancia e irresponsabilidad mantenía que la ciencia y la fe no van de la mano, son dos materias que se disputan la creencia del hombre...”*

Complementariamente, se advierte la movilización de ideas que consideran la proyección de la empresa científica en el ámbito de cambios paradigmáticos. Se refiere, además, a las resistencias y crisis que las nuevas ideas promueven en el seno mismo de la comunidad científica, señalando hitos históricos.

*Ej.: “Charles Darwin fue un científico británico que sentó las bases de la moderna teoría evolutiva... su trabajo tuvo una influencia decisiva sobre las diferentes disciplinas científicas y sobre el pensamiento moderno en general”*

Por otra parte, los comentarios elaborados por los participantes reconocen la naturaleza histórica de las preguntas de investigación e introducen referencias a la complejidad socio-natural y cultural tras la definición del problema en estudio.

*Ej.: “Casas de Fuego plantea la investigación realizada en nuestro país por el Dr. Mazza sobre la enfermedad de Chagas, su agente etiológico, el tripanosoma cruzi, la fisiopatogenia de la enfermedad, su vector la vinchuca, su mecanismo de contagio, su distribución geográfica y su relación con la pobreza y su hábitat: el rancho, símbolo de esta endemia”*

Asimismo, el visionado de películas parece promover una comprensión más profunda de otras dos cuestiones centrales: por un lado las problemáticas histórico-culturales de género y status que atraviesan las decisiones vinculadas a procesos de investigación y, por otro, diálogos y tensiones en la negociación de significados acerca de prácticas culturales interpeladas por los hallazgos en ciencia.

*Ej.: “La Dra. Elsa fue desprestigiada ya que en la época se consideraba que las mujeres no servían para la ciencia y aunque fue rechazada en su primera presentación en la MEPRA no se rindió fácilmente demostrándole al Dr. Mazza su interés en la investigación...”*

*Ej.: “La eterna disputa con el ámbito científico alegando, por parte de la Iglesia, que es imposible que la vinchuca con quien han convivido durante tanto tiempo sea portadora de pestes terribles, atacando así el sentido común de la gente”*

En otro nivel de movilización, en cambio, pueden inferirse procesos de simplificación de la problemática, que en algunos casos se reduce a variables estrictamente biológicas. Algunos participantes, sin embargo, aportan en sus comentarios nuevos y precisos detalles conceptuales.

*Ej.: “El médico desarrolla su vocación e interés por descubrir un protozoo: protista unicelular que provoca una enfermedad que conduce a la muerte diagnosticada como cardiopatía severa. Su preocupación es encontrar y combatir el tripanosoma cruzi que desencadena tan abrupta y repentina insuficiencia cardíaca...”*

En relación con la categoría *Metodología científica*, un conjunto de expresiones recogen la noción de pluralismo metodológico, en términos de triangulación de procedimientos y adecuación de posibilidades y estrategias en el marco de procesos creativos. Además, se avanza en comprender la necesaria coherencia entre objetivos, metodología y naturaleza del problema, incluyendo referencias a la dimensión ética del trabajo experimental.

En otro plano de movilización las producciones de los participantes reconocen el necesario interjuego método-teoría, sucesivas reformulaciones de los diseños de trabajo y construcción y ajuste progresivo de hipótesis.

*Ej.: “Se va dando una secuencia de hipótesis: hay algo que provoca la muerte, ¿qué es?; se agrava con la falla en el sistema inmunológico ¿por qué? ... se proponen varias conjeturas: ¿es fiebre ébola? ¿sarcoma? Aparece el nitrato de amilo en laboratorio y en los saunas, ¿qué relación tiene?; se detecta que se da en una comunidad específica, se realizan experiencias con ratas, conejos, monos. Por las manchas fueron tratados por cáncer de piel. Saben que algo se come a las células T y que es de incubación lenta. Se lo relaciona estrechamente con la hepatitis B, se piensa que es una combinación de leucemia felina y hepatitis B”*

En otro nivel, en cambio, una concepción monolítica y lineal de la actividad científica (inductivismo) se define desde los principios de neutralidad y objetividad. De modo complementario, otras expresiones enfatizan una visión estrictamente verificacionista de la investigación científica.

*Ej.: “Se tomaban muestras de personas, cabras, chanchos, para llegar a la conclusión de que no hay bocio y sí tripanosomas chagásicos puros sin otra contaminación parasitaria”*

Como novedad, algunos enunciados remiten al carácter provisorio, parcial y evolutivo de los sistemas explicativos en ciencia. Estas reflexiones, recuperan también la consideración del papel de los antecedentes en la evolución y validación del conocimiento científico.

*Ej.: “Si bien llevaba años investigando, archivando datos, en fin, una larga argumentación, aún no hallaba cómo entrelazar, hilar o fundamentar una teoría que explicara todas sus observaciones”*

*Ej.: “... se van modificando los conceptos en función de nuevas preguntas, la idea actual acerca del sida tiene una historia atravesada por variables ideológicas, científicas, políticas, culturales”*

De todos modos, en algunos casos los participantes expresan una perspectiva de *descubrimiento* que simplifica la interpretación acerca del trabajo científico. De este modo, se descontextualiza de la situación histórica quedando como una mera descripción anecdótica.

*Ej.: “Los franceses descubren que una de las causas de esta enfermedad es la vía sanguínea. Los americanos hicieron otro descubrimiento, la vía sexual.”*

Interesa destacar, además, la alusión al recurso tecnológico disponible como vía de posibilidad teórico-metodológica de evolución histórica.

*Ej.: “En aquellos años en que el doctor Mazza realizaba las tareas de campo y laboratorio, el instrumento más importante para la investigación fue el microscopio óptico (monocular y rústico), el tren (a vapor), la cámara fotográfica (de las primeras sacadas al mercado) y casi al final de la película se observa que para ese entonces era una ‘novedad’ el microscopio óptico binocular, que permitió una mejor observación de las muestras a nivel celular.”*

Por su parte, en relación con la figura del científico (*dimensión personal*), las interpretaciones oscilan entre una imagen *humanizada* que reconoce valores y rasgos de personalidad reales e incluso contradictorios, hasta una visión *idealizada* de su persona.

*Ej.: “Si bien su curiosidad se destaca, los problemas de sociabilización lo atormentan. Pasa por una serie de etapas de desolación y depresión”*

Finalmente, respecto de las categorías *Instituciones y Comunidad científica*, un primer nivel de formulación de las ideas revela una visión lineal o unidireccional de las relaciones entre las instituciones vinculadas o involucradas en la investigación, que no logra contemplar el trasfondo de intereses, prioridades, sistemas de gestión, coyunturas socio-políticas, etc.

Complementariamente, otras producciones dan cuenta, de manera más articulada y profunda, de la participación de instituciones y sectores de poder político, económico y simbólico en los procesos de producción y divulgación científica. Al respecto, algunas expresiones recuperan la coyuntura local y global.

*Ej.: “Posteriormente se plantean políticas espasmódicas, con discontinuidad en los recursos y la necesidad de recurrir a otras fuentes de financiamiento... como también la utilización del cuarto poder, formador de opinión: la prensa. Aunque los descubrimientos llegan a herir susceptibilidades, tanto en los intereses económicos, como desde lo político: la incapacidad para mejorar las condiciones de vida y trabajo de los habitantes diseñando leyes para una ciudadanía más justa y solidaria como también la disputa por el poder sobre los pobres de la Iglesia, así como su ceguera a la hora de educar para curar, con el miedo de educar y que pierdan la fe.”*

Por otra parte, destacamos aquellas producciones que han logrado reconstruir la complejidad de los sistemas de relaciones en el seno de la comunidad científica. Ello refiere a la conjugación de actitudes de competitividad (individualismo, exitismo) con la construcción de espacios colectivos y colaborativos (complementariedad de estudios, enfoques, conocimientos, capacidades). Con algunas sutilezas, otro grupo de expresiones parece vincularse con enfoques, o bien de pesimismo extremo, o bien de optimismo ingenuo respecto de las posibilidades de colaboración entre investigadores.

*Ej.: “Se presentan las dos caras de una misma moneda; a saber, un grupo de científicos jóvenes con un amplio sentido humanitario, intentando motivar al gobierno para que le facilite los fondos para la investigación... otro grupo de médicos investigadores de origen privado con los suficientes recursos económicos, pero manifestando poco interés en el tema, a no ser que esto le reditúe algún tipo de*

*renombre a nivel mundial. Mientras esto se va desarrollando en EEUU, un grupo de médicos franceses con los adecuados recursos económicos, materiales e interés humanitario van trabajando sobre el mismo tema, manteniendo un contacto directo con los investigadores del primer grupo de científicos estadounidenses”.*

Para finalizar, nos interesa destacar dos ejes de movilización que consideramos especialmente relevantes. Uno de ellos refiere al reconocimiento de una perspectiva de derecho respecto de los hallazgos de la ciencia, mientras que el segundo alude a la discusión sobre la ética de las relaciones academia-sociedad desde la caracterización de la cultura institucional universitaria.

*Ej.: “Inicia sus investigaciones intentando completar el cuadro de esta enfermedad y además plasma la denodada lucha de un ‘sanitarista’ interesado en salvar la vida de gente anónima... para poder conseguir los subsidios y apoyos necesarios de una sociedad hipócrita y una comunidad científica poco interesada.”*

## A modo de cierre

Hemos iniciado este texto reconociéndonos como herederos de una imagen de ciencia concebida como *conocimiento superior* que progresa de manera uniforme hacia *la verdad* objetiva y absoluta sobre el mundo. Nos referimos a aquellos elementos que, sustentados en el paradigma positivista del siglo XIX, han anclado en el imaginario popular orientando muchas prácticas educativas en relación con el conocimiento científico.

En este marco, y a partir de los resultados presentados, consideramos que el momento de formación docente que acabamos de analizar ha posibilitado, en un contexto de reflexión explícita, la genuina aproximación a una comprensión fundamental: la ciencia como empresa esencialmente *humana*, en diálogo con la sociedad, la historia y la cultura. La emergencia de estos nuevos significados acerca del conocimiento científico, creemos, alberga una potencialidad latente: abre la posibilidad de pensar alternativas de enseñanza que resulten coherentes con las nuevas metas de la educación en ciencias. Al respecto, nos interesa aportar al menos cuatro consideraciones:

- La *reflexión epistemológica* contribuye a la superación de concepciones absolutistas sobre el conocimiento habilitando posiciones *relativistas y evolucionistas*. Consideramos que la conciencia respecto de ambas posiciones puede abonar una *perspectiva también gradual y contextualizada* de los procesos de construcción de la ciencia escolar.
- Comprender el progreso de la ciencia en términos de ruptura, subjetividad, contrastación de ideas, síntesis parciales e integración progresiva puede ayudar a fundamentar una perspectiva *reflexiva, conflictiva y creativa* de la enseñanza y del aprendizaje.
- Reflexionar desde una perspectiva de *derecho* acerca del hacer científico puede ayudar a considerar la *dimensión crítica* de la educación en ciencias definiendo *nuevas metas* que transversalicen el currículo escolar.
- Una *concepción holística* de las relaciones ciencia-tecnología-sociedad contribuye a fortalecer una concepción de sujeto que, *al conocer*, es capaz de tomar mejores decisiones acerca de asuntos tecnocientíficos de interés social.

Finalmente, asumimos que este estudio no puede ser sino un punto de partida: por una parte, ofrece una modalidad para continuar estudiando la dinámica de los saberes docentes en relación a otros ámbitos de problemas de la enseñanza en ciencias. En segundo lugar, es una invitación a pensar criterios que permitan revisar y ajustar éste y otros contextos de formación

docente. Nos referimos a un *refinamiento* que contribuya a fortalecer y complejizar las movilizaciones identificadas y cuestionar, con mayor profundidad, aquellos obstáculos que aún persisten en la construcción de una imagen relativa, dinámica y contextualizada de las ciencias.

## Referencias bibliográficas

- Adúriz, A. (2009) La naturaleza de la ciencia “ambientada” en la historia de la ciencia. *Enseñanza de las Ciencias, N° extra VIII Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias*, Barcelona, 1178-1181.
- Adúriz, A. (2011) Desde la enseñanza de los “productos de la ciencia” hacia la enseñanza de los “procesos de la ciencia” en la Universidad. *Colección de Cuadernillos para pensar la enseñanza universitaria*, 6(3), 11-15. Río Cuarto: UNRC.
- Adúriz, A.; Perafán, G. y Badillo, E. (2002a). *Actualización en Didáctica de las Ciencias Naturales y las Matemáticas*. Bogotá: Editorial Magisterio.
- Adúriz, A.; Izquierdo, M. y Stany, A. (2002b) Una propuesta para estructurar la enseñanza de la Filosofía de la Ciencia para el profesorado de Ciencias en formación. *Revista Enseñanza de las Ciencias*, 20(3), 465-476.
- Astudillo, C.; Rivarosa, A. y Ortiz, F. (2008a) Las propuestas de enseñanza en ciencias: un puente entre el decir teórico y el hacer. *Actas del III Congreso Internacional de Enseñanza de la Biología, “La educación en Biología como respuesta a la demanda social”*. Mar del Plata. Argentina.
- Astudillo, C.; Rivarosa, A. y Ortiz, F. (2008b) El discurso en la formación de docentes de Ciencias. Un modelo de intervención. *Revista Iberoamericana de Educación*, 45(4).
- Astudillo, C.; Rivarosa, A. y Ortiz, F. (2009). La ciencia según futuros profesores: entre la tradición y la novedad. *Enseñanza de las Ciencias, N° Extra VIII Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias*, Barcelona, 62-65.
- Baena, M. D. (2000) Pensamiento y acción en la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las ciencias*, 18(2), 217-226.
- Barnett, M.; Wagner, H.; Gatling, A.; Anderson, J.; Houle, M.; Kafka, A. (2006) The Impact of Science Fiction Film on Student Understanding of Science. *Journal of Science Education and Technology*, 15(2), 179-191.
- Boido, G. (1999) Aportes de la Historia y Filosofía de la Ciencia a la Educación Científica. *Actas de las Jornadas sobre Enseñanza de la Física*, Los Polvorines, Argentina.
- Bolívar, A. y Bolívar, M. (2011) La Didáctica en el núcleo del mejoramiento de los aprendizajes. Entre la agenda clásica y la actual de la Didáctica. *Revista Perspectiva educativa*, 50(2), 3-26.
- Cachapuz, A. y Paixao, F. (2002) Placing the History and the Philosophy of Science on teacher education. 10<sup>th</sup> IOSTE SYMPOSIUM. Foz do Iguaçu. Brasil.
- Camacho, H. y Padrón, M. (2005) Necesidades formativas para afrontar la profesión docente. Percepciones del alumnado. *Revista Electrónica Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 8(2).
- Campanario, J. M. (1999) La ciencia que no enseñamos. *Enseñanza de las Ciencias*. 17 (3), 397-410.

- Carrascosa, J.; Gil, D.; Vilches, A.; Valdés, P. (2006) Papel de la actividad experimental en la educación científica. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 23(2), 157-181.
- Carrascosa, J.; Martínez, J.; Furió, C. y Guisasola, J. (2008). ¿Qué hacer en la formación inicial del profesorado de Ciencias de Secundaria?, *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 5(2), 118-133.
- Cobb, P.; Confrey, L.; DiSessa, A. Lehrer, R. and Schauble, L. (2003) Design Experiments in Educational Research. *Educational Researcher*, 32(1), 9-13.
- Collins, A.; Joseph, D.; Bielaczyc, K. (2004) Design Research: Theoretical and methodological Issues. *The Journal of the learning sciences*. 13(1), 15-42
- Copello, M. I.; Sanmartí, N. (2001) Fundamentos de un modelo de formación permanente del profesorado de Ciencias centrado en la reflexión dialógica sobre las concepciones y las prácticas. *Enseñanza de las Ciencias*, 19 (2), 269-283
- De La Torre, S.; Oliver, C.; Violant, V.; Tejada, J.; Rajadell, N.; Girona, M. (2003) El cine como estrategia didáctica innovadora. Metodología de estudio de casos y perfil de estrategias docentes. *Contextos educativos*, 6 (7), 65-86.
- Feldman, D. (2004) *Ayudar a enseñar*. Buenos Aires: Aique.
- Furió, C. (1994) Tendencias actuales en la Formación del profesorado de ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 12(2), 188-199.
- García, F. (2008). Bienvenido místico cine a la enseñanza de las ciencias. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación Científica*, 6(1), pp. 79-91.
- García, F. (2011). Ágora: una aproximación al nacimiento del saber científico. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación Científica*, 7(3), pp.708-728.
- Guerra, C. (2004) Laboratorios y batas blancas en el cine. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 1(1), 52-63.
- Guisasola, J. y Morentin, M. (2007) ¿Comprenden la naturaleza de la ciencia los futuros maestros y maestras de Educación Primaria? *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 6(2), 246-262.
- Hernández, M. y Prieto, J. (2000) Un currículo para el estudio de la Historia de la Ciencia en secundaria (La experiencia del Seminario Orotava de Historia de la Ciencia). *Enseñanza de las Ciencias*. 18(1), 105-112.
- Hodson, D. (2008) Exploring Nature of Science Issues: Students' Views and Curriculum Images. In Hodson, D. (Ed.) *Towards Scientific Literacy. A Teachers' Guide to the History, Philosophy and Sociology of Science*. Rotterdam: Taipei: Sense publishers.
- Maiztegui, A.; González, E.; Tricárico, H.; Salinas, J.; Pessoa de Carvalho, A.; Gil, D. (2000) La formación de profesores de ciencia en Iberoamérica. *Revista Iberoamericana de Educación*, nº 24, 163-187.
- McComas; W. (1998) (ed.) *The Nature of Science in Science Education*. Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- Mellado, V. (2003) Cambio didáctico del profesorado de Ciencias Experimentales y Filosofía de la Ciencia. *Enseñanza de las Ciencias*, 21(3), 343-358
- Paruelo, J. (2003) Enseñanza de las Ciencias y Filosofía. *Enseñanza de las Ciencias*, 21(2), 329-335.

- Perrenoud, P. (2007) *Desarrollar la práctica reflexiva en el oficio de enseñar*. Barcelona: Graó.
- Peterson, R. and J. Herrington (2005) *The state of the Art of Design-Based Research*. Australia: University of Wolongong.
- Piassi, L. y Pietrocola, M. (2001). De olho no futuro: ficção científica para debater questões sociopolíticas de ciência e tecnologia em sala de aula. *Ciência & Ensino*, 1 (Nº especial).
- Porlán, R. y Rivero, A. (1998). *El conocimiento de los profesores. Una propuesta formativa en el área de ciencias*. Sevilla: Díada Editora.
- Porlán, R. (1998) *El conocimiento de los profesores*. Sevilla: Díada Editora.
- Porlán, R. (2002) La formación del profesorado en un contexto constructivista. *Investigações em Ensino de Ciências*, 7(3), 271-281.
- Quintanilla, M; Izquierdo, M.; Adúriz Bravo, A. (2005) Avances en la construcción de marcos teóricos para incorporar la Historia de la Ciencia en la formación inicial del profesorado de Ciencias Naturales. *Enseñanza de las Ciencias*, Nº Extra VIII Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias, 1-4.
- Reigeluth, C. y T. Frick (1999) Investigación formativa: Una metodología para crear y mejorar teorías de diseño. En Reigeluth, C. *Diseño de la instrucción. Teorías y modelos. Un nuevo paradigma de la teoría de la instrucción*. Madrid: Aula XXI.
- Romero, F. (1998) Una pequeña reflexión sobre los problemas de investigación de la Didáctica de las Ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 16(1), 171-174.
- Sanmartí, N. (2001) Enseñar a enseñar Ciencias en Secundaria. Un reto muy complejo. *Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, Nº 40, 31-48.
- Santibáñez, J. y Gil, A. (2003) Estrategias didácticas en medios en la formación inicial del profesorado. *Comunicar, Revista científica de Comunicación y Educación*, Nº 21, 156-158.
- Schwartz, R. & Crawford, B. (2006) Authentic scientific inquiry as context for teaching nature of science. Identifying Critical Elements for Success. En L. B. Flick and N. G. Lederman (eds.) *Scientific Inquiry and Nature of Science*. Netherlands: Springer.
- Sierra, C. (2007) Fortalezas epistemológicas y axiológicas de la ciencia ficción: un Potosí pedagógico mal aprovechado en la enseñanza y divulgación de las Ciencias. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*. 4 (1), 87-105.
- Tardif, M. (2004) *Los saberes del docente y su desarrollo profesional*. Madrid: Narcea S.A. de Ediciones.
- Vázquez, A.; Manassero, M. A.; Acevedo, J. A., Acevedo, P. (2007) Consensos sobre la naturaleza de la ciencia: la ciencia y la tecnología en la sociedad. *Educación Química*, 18(1), 38-55.

## Anexo

**Casas de fuego**, 1995, Argentina, dirigida por Juan Bautista Stagnaro y protagonizada por Miguel Ángel Solá, Pastora Vega y Carola Reyna. La película está inspirada en el caso real del médico argentino que estudió el Mal de Chagas en Argentina, y su lucha en favor de la erradicación de esta enfermedad, estrechamente ligada a la pobreza.

**Creación**, 2010, Inglaterra, dirigida por Jon Amiel y protagonizada por Jennifer Connelly y Paul Bettany. Inspirada en la vida real de Charles Darwin y en la gestación de su obra “El origen de las especies”, *Creación* está basada en la biografía escrita por Randall Keynes, el tataranieto del biólogo.

**Y la banda sigue tocando**, 1993, Estados Unidos, dirigida por Roger Spottiswoode, protagonizada por Matthew Modine, Saul Rubinek, Alan Alda, Ian McKellen, Glenn Headly, Richard Masur, Lily Tomlin. Basada en el best-seller *And the Band Played On: Politics, People, and the AIDS Epidemic* de Randy Shilts. El filme ficciona las investigaciones de los científicos de los Estados Unidos y Francia que descubrieron el virus del sida en la década de los 80.