



¿UNA ENSEÑANZA DE LA CIENCIA DE CALIDAD PARA TODOS Y TODAS O PARA UNA ÉLITE?: MIRADAS CONFLUYENTES DESDE DIFERENTES PERSPECTIVAS TEÓRICAS

SCIENCE TEACHING FOR ALL OR FOR AN ELITE?: CONVERGING VIEWS FROM DIFFERENT THEORETICAL PERSPECTIVES

Dr. Alejandro Pujalte¹ -Dr. Agustín Adúriz-Bravo² -Dra. Silvia Porro³

Fecha de recepción: 14-08-2015

Fecha de aceptación y versión final: 24-10-2015

Resumen: Muchas veces se ha señalado que una parte del estudiantado de secundaria tiene poca identificación con la ciencia que se les enseña en las aulas. Se alude que hay falta de interés, escasez de conocimientos previos para poder entender los contenidos que se pretenden enseñar y por ende, que se suelen conseguir pobres aprendizajes. Y que este estado de cosas se hace mucho más evidente en las escuelas que atienden jóvenes de contextos socioeconómicamente desfavorecidos, que están en desventaja en términos del capital cultural que la escuela suele legitimar.

En este artículo pretendemos echar luz sobre la cuestión desde cuatro perspectivas teóricas: el marco de 'comprensión pública de la ciencia', enfoques desde la sociología de la educación ('teoría del etiquetado' y 'profecía autocumplida'), las denominadas 'perspectivas culturales' en didáctica de las ciencias naturales y finalmente a partir de una mirada epistemológicamente fundada: las imágenes de ciencia del profesorado desde una perspectiva basada en modelos

Palabras clave: imágenes de ciencia, formación del profesorado, jóvenes en riesgo social, profecía autocumplida

Summary: It has been repeatedly stated that many secondary students have little identification with the science that is taught at school. Studies point out students' lack of interest, scarce previous knowledge to understand science content, and poor learning outcomes. This state of affairs is more evident in schools with students with a weak socio-economic background, who are at a disadvantage in terms of the cultural capital that school legitimates.

¹ Doctor por la Universidad Nacional de Quilmes en Ciencias Sociales y Humanas. Docente e investigador del Instituto de Investigaciones CeFIEC, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires. Dirección institucional: Instituto de Investigaciones CeFIEC. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales (UBA) Pabellón II 2º piso. Intendente Güiraldes, 2160, Ciudad Universitaria, C1428EGA, Buenos Aires, Argentina. Teléfono: (0054) 11 4576 3331

Correo electrónico: ap_pujalte@yahoo.com.ar

² Doctor en Didáctica de las Ciencias Experimentales por la Universitat Autònoma de Barcelona, España. Docente de Tiempo Completo en la Universidad de Buenos Aires, Argentina. Investigador Independiente del CONICET-Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, Argentina. Especialista en la formación epistemológica del profesorado de ciencias. Dirección institucional: Instituto de Investigaciones CeFIEC. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales (UBA) Pabellón II 2º piso. Intendente Güiraldes, 2160, Ciudad Universitaria, C1428EGA, Buenos Aires, Argentina. Teléfono: (0054) 11 4576 3331

Correo electrónico: aadurizbravo@cefiec.fcen.uba.ar

³ Doctora en Ciencias Bioquímicas. Especialista en Docencia en Entornos Virtuales. Profesora Titular de la Universidad Nacional de Quilmes, Argentina. Directora del Grupo de Investigación de Enseñanza de las Ciencias (GIECIEN). Dirección institucional: Departamento de Ciencia y Tecnología, Oficina 332. Universidad Nacional de Quilmes. Roque Sáenz Peña 352, Bernal, B1876BXD, Buenos Aires, Argentina. Teléfono: (0054) 11 4365 7100, Int. 5677

Correo electrónico: sporro@unq.edu.ar

In this paper we intend to shed light on this issue from four theoretical perspectives: the theoretical framework of 'public understanding of science'; views from the sociology of education ('labelling theory' and 'self-fulfilling prophecy'); the so-called 'cultural perspectives' in didactics of science (i.e. science education as a discipline); and fourthly, a perspective founded on the philosophy of science: teachers' images of science from a model-based view.

Keys words: formers formation - formation sector - formation group -analysis, interpretation and comprehension

1. Introducción

A lo largo de la carrera docente, suele ser usual encontrarse con algunos/as profesores y profesoras de ciencias de escuela secundaria que, en el contexto coloquial de una sala de profesores o en charlas informales de pasillo, admiten abiertamente que la enseñanza que le dedican a sus estudiantes de contextos socioeconómicamente desfavorecidos se reduce a tratar de compensar ciertas faltas de conocimiento mínimos, como pretensión última. Expresiones tales como: *"De los treinta que tengo acá, solamente hay cuatro que me siguen. Y yo médico a esos cuatro"*. O *"Si yo pudiera decidir, me quedaría con los dos o tres que les interesa aprender. Y afuera los demás. Si total, ¿para qué? ¡Si no les interesa nada, no quieren estar acá, si están es porque los obligan!"*, son manifestaciones que quizás algunos de nosotros hayamos escuchado más de una vez, con algún que otro matiz. En las frases que se acaban de mencionar subyace un problema que es el de las expectativas del profesorado hacia las y los estudiantes, problema que ha sido tratado profusamente por la sociología de la educación desde constructos tales como la teoría del etiquetado y la profecía autocumplida.

Tales desarrollos en su gran mayoría consiguen descripciones bastante atinadas de estas situaciones, y a partir de las explicaciones que formulan pueden predecir con bastante éxito qué desempeño relativo pueden tener las y los estudiantes en función de las expectativas que tengan sus profesores o profesoras en relación a ellas/os. Pero no hay muchos abordajes investigativos desde la perspectiva de intervenciones que mejoren el estado de situación. Y la problemática en sí misma empieza a tomar una dimensión considerable desde la explosión de matrícula que significó la obligatoriedad de la educación secundaria para todos y todas en la Argentina y en otros países de Iberoamérica. Por supuesto que el problema está relacionado directamente con un conjunto de creencias fuertemente arraigadas en el pensamiento del profesor. Esas creencias involucran ideología, concepciones acerca de la enseñanza y el aprendizaje, acerca del propio rol docente y acerca del sujeto que aprende. Y algo más, que de alguna manera tiñe las otras esferas que se acaban de mencionar, que es la concepción que se tiene acerca de la disciplina a enseñar, en este caso las ciencias naturales.

Nos interesa en este punto poner en discusión si estas concepciones sobre la ciencia que tienen los profesores y profesoras se relacionan con una suerte de discriminación de la calidad de la ciencia a enseñar en función del origen, género y contexto socioeconómico de las y los estudiantes.

Creemos que este estado de cosas se hace mucho más evidente en las escuelas que atienden jóvenes de contextos socioeconómicamente desfavorecidos, que están en desventaja en términos del capital cultural que la escuela suele legitimar. En este artículo pretendemos echar luz sobre la cuestión desde cuatro perspectivas teóricas: el

marco de 'comprensión pública de la ciencia', enfoques desde la sociología de la educación ('teoría del etiquetado' y 'profecía autocumplida'), las denominadas 'perspectivas culturales' en didáctica de las ciencias naturales y finalmente a partir de una mirada epistemológicamente fundada: las imágenes de ciencia del profesorado desde una perspectiva basada en modelos.

En la siguiente tabla se presentan las problemáticas que plantean las tres primeras perspectivas señaladas, a la luz de la imagen de ciencia y de científico empiropositivísticamente modelada

Perspectiva	Caracterización del problema	Correlato en las aulas de ciencias	Interpretación desde una imagen de ciencia y de científico empiropositivísticamente modelada
Comprensión Pública de la Ciencia	Modelo de déficit: Ciudadanía con carencia de conocimientos científicos, a ser suplida mediante flujo de información unidireccional y vertical, desde los científicos hacia la gente.	Concepción de conocimiento que circula desde el/la docente como depositario/a del saber legítimo hacia los/las alumnos/as, con énfasis en el aprendizaje memorístico de "etiquetas" (nombres, definiciones de conceptos).	Visión de ciencia apodíctica, dueña de la verdad, centrada en afirmaciones incuestionables en relación a conocimientos ya elaborados por otros. Visión dogmática alrededor a los productos de la ciencia y no en torno a los problemas, contextos y modos de producción del conocimiento científico.
"Profecía Autocumplida" y "Teoría del Etiquetado"	Anticipación del rendimiento del estudiantado en función de las creencias del profesor y sus expectativas sobre el desempeño diferencial de alumnos/as.	Algunos/as docentes presuponen que determinadas características del estudiantado (clase social, etnia, género) son determinantes a la hora de predecir quiénes tendrán éxito en aprender la ciencia que se les enseña.	Preconcepción de que la estructura del conocimiento científico tiene una sintaxis que requiere rigor lógico y analítico para abordarla. Una ciencia propia de varones blancos, de clase media. Por tanto, habrá estudiantes con las capacidades como para abordarla y entenderla y otros/as que no contarán con esas condiciones.
Perspectivas Culturales en Didáctica de las	No se valora el capital cultural del estudiantado.	El enfoque de enseñanza de la ciencia no tiene en	La ciencia enseñada es unívoca, ajena a resolver problemas en contextos

Ciencias Naturales	Hiato entre los contextos de producción de la ciencia erudita y los de desarrollo de la ciencia escolar.	cuenta los saberes y contextos de los/las estudiantes. La ciencia que se enseña no resulta significativa para las realidades del estudiantado.	específicos. Cientificismo marcado. Contenidos científicos que se enseñan en formulaciones rígidas o algorítmicas.
--------------------	--	--	--

Tabla 1: Relaciones entre las diferentes perspectivas teóricas

A continuación desarrollaremos las aportaciones de las diferentes perspectivas mencionadas en relación al problema que nos ocupa.

Comprensión pública de la ciencia: el modelo de déficit

Existen dos trabajos de investigación del año 1957, el de Robert Davis y de Margaret Mead y Rhoda Metraux, que se constituyeron como pioneros en el campo de los estudios sobre la comprensión pública de la ciencia, tratando de caracterizar y explicar la brecha existente entre ciencia y sociedad. El de Robert Davis de 1957 (Davis, 1958, citado en Cortassa, 2012: 19), se trató de una encuesta de nivel nacional en EE.UU para la NASW (National Association of Science Writers) que incluía entre sus dimensiones de análisis a las imágenes y predisposición hacia la profesión científica. A partir de allí se comienza a concluir que “la ignorancia científica de la sociedad no sólo es notoria sino que está asociada con actitudes negativas y de desinterés hacia la ciencia” (Cortassa, op.cit.: 20). En el mismo año que se llevó a cabo el estudio de referencia, Margaret Mead y Rhoda Metraux publicaron otro sondeo (Mead y Metraux, 1957) sobre una muestra de 35.000 estudiantes de secundaria estadounidenses, a partir de preguntarles qué pensaban acerca de la ciencia y cómo veían a los científicos. Las conclusiones a las que arribaron fueron coincidentes con las de Davis en el sentido de describir estereotípicamente a las personas que se dedican a la actividad científica y a la propia actividad (científico varón blanco, de mediana o avanzada edad, muy inteligente, con guardapolvos y lentes, trabajando solo en un laboratorio de química, en tareas tediosas, monótonas y aburridas. Este sujeto al que se describe trabaja obsesionado, no tiene familia ni vida social. Si bien en estos resultados se señala la importancia que para las personas encuestadas tiene la ciencia, como beneficio para la humanidad, se encuentra al mismo tiempo una fuerte desidentificación con ese tipo de saberes y con la actividad científica como proyecto de vida probable.

Es en ese sentido que se identifica esta situación como problema:

“Existe una creciente necesidad de desarrollar comprensión de la ciencia y la tecnología. Los frutos de la ciencia y los productos de la tecnología siguen dando forma a la naturaleza de nuestra sociedad e influenciando acontecimientos de relevancia mundial. Sin embargo, la brecha entre la experiencia de la mayoría de las personas en su vida cotidiana y la

complejidad de la ciencia y la tecnología se va ensanchando. Muy pocos individuos están familiarizados con los detalles de los procesos industriales que intervienen en su comida, la medicina, el entretenimiento o la ropa.” (Oppenheimer, 1968, la traducción es nuestra)

A partir de las décadas del '50 y del '60 del siglo XX en adelante ha habido un creciente reconocimiento internacional respecto de la necesidad de lograr una ciudadanía capaz de comprender y de participar en la implementación de políticas científicas y tecnológicas, una ciudadanía que pueda participar en los debates y en la toma de decisiones en este tipo de temáticas. Surge así con especial énfasis la recurrencia a la denominación “alfabetización científica”, en una clara analogía con la alfabetización letrada: así como las personas deben saber leer y escribir para poder insertarse en el mundo del trabajo, también deberían apropiarse de ciertos conocimientos mínimos para poder desenvolverse en un mundo cada vez más dependiente de la ciencia y la tecnología.

En la década del '70 se comienza a hablar de “analfabetos funcionales” para referirse a aquellas personas que carecen de las competencias mínimas como para desempeñarse eficazmente en una sociedad con esas características (Carullo, 2002).

Como refieren Polino y colaboradores (2003), es en ese contexto que se caracteriza a la ‘cultura científica’ como ignorancia que debe ser satisfecha, lo que dará lugar en los años '80, a que la tradición anglosajona de estudios sobre comunicación pública de la ciencia denomine a este enfoque como ‘modelo de déficit’:

“[E]l conocimiento científico constituye un cuerpo reconocible de información codificada y, en este sentido, es que se puede medir cuánta de esa información tiene incorporada un individuo y establecer su grado de déficit de comprensión. John Ziman (1992) sostiene que la mayoría de las prácticas de comunicación científica tienden a identificar las falencias cognitivas del público y luego intentar suplirlas. El ‘modelo de déficit’ supone algo más: el público, desde esta perspectiva, es una entidad pasiva con falencias de conocimientos que deben corregirse y establece que la información científica fluye en una única dirección, desde los científicos hacia el público” (Polino et al, op.cit.).

Se plantea a los modelos deficitarios como aquellos que establecen una relación más unidireccional y vertical, donde el público es calificado como ignorante. Entonces, la comunicación pública de la ciencia y la tecnología deberá servir para “sacarlo” de esa situación. En contraposición a los deficitarios, se proponen los modelos democráticos que consideran la participación activa del público, que cobra mayor protagonismo en las prácticas de apropiación social del conocimiento, desde enfoques más críticos como los provenientes de los estudios sociales de la ciencia y la tecnología (Hermelin, 2011).

Como afirma Carina Cortassa, asociar el problema de la brecha ciencia/sociedad a un déficit cognitivo termina siendo un modo tranquilizador y optimista de pensar la problemática. En otras palabras, si se supone que el obstáculo en la relación entre

público y ciencia estriba en las dificultades del primero para entender a la segunda, entonces se termina concluyendo que el problema se puede solucionar:

“[L]os vacíos se llenan, los huecos se colman y las distancias se acortan empleando los mecanismos apropiados. [...] Esta *visión terapéutica* supone que para zanjar la brecha entre ciencia y sociedad basta con resolver las carencias de conocimiento que *padecen* los individuos y, de ese modo, *curarlos* de su ignorancia y apatía” (Cortassa, op.cit. Las cursivas son del original)

Trasladado esto al ámbito de la enseñanza de las ciencias se pueden identificar prácticas usuales en algunos profesores y profesoras de ciencias que de alguna manera se correlacionan con ese modelo de déficit, donde lo importante pareciera ser que el estudiantado adquiriera una suerte de ‘barniz de conocimientos’, donde el parámetro para evaluar el alcance de los objetivos de aprendizaje pasaría generalmente por la capacidad de los estudiantes de repetir de memoria conceptos, definiciones, etiquetas...

La ‘profecía autocumplida’ y la ‘teoría del etiquetado’

La expresión ‘profecía autocumplida’ alude al aumento de la probabilidad de ocurrencia e una situación cuando es anticipada por una persona en base a sus creencias. Esta expresión fue acuñada por R. K. Merton en su libro *Social Theory and Social Structure*, publicado en 1968. También se la conoce como ‘Efecto Pigmalión’, a partir del reconocido artículo “*Pygmalion in the classroom*”, de Robert Rosenthal y Lenore Jacobson (1968) donde relatan la investigación que llevaron a cabo con docentes y estudiantes de escuela primaria, que les permitió concluir que las expectativas sobre el rendimiento de los alumnos – inducidas intencionalmente por los investigadores -repercutían en las calificaciones de los/las estudiantes. Aquellos/as alumnos/as que el /la docente creía que lograrían los mejores resultados (a partir de la información recibida de parte de los investigadores) terminaban obteniendo las mejores calificaciones y viceversa.

Según Jussim et al. (1996) los científicos sociales llevan muchos años interesándose en los estereotipos como una fuente particular de expectativas en tanto pueden contribuir a las desigualdades sociales y las injusticias. En relación al hecho de que los efectos de las expectativas del profesorado tienen mucha mayor incidencia entre las y los estudiantes de grupos sociales estigmatizados o desfavorecidos, los autores sostienen que la explicación más probable estaría en los estereotipos que portan los profesores y profesoras. Al respecto, Ray C. Rist (1999) propone retomar la *teoría del etiquetado*, referida en diversos estudios de las ciencias sociales, como marco explicativo legítimo desde el cual abordar los procesos sociales que influyen en la experiencia educativa, y analizar cómo estos procesos contribuyen al éxito o fracaso en la escuela:

“...todos los agentes encargados del control social - padres, maestros, autoridades, etcétera - asignan a los individuos «etiquetas» con las

cuales califican sus comportamientos y sus actitudes, individualmente, de paso que les clasifican socialmente. Y ésta es una práctica consustancial a la escuela". (Rist, 1999: 615)

Este autor, basándose en Good y Brophy (1973) describe el proceso que tiene lugar en el aula de acuerdo al siguiente esquema:

1. El profesor espera un comportamiento y rendimiento específicos de los estudiantes concretos.
2. Debido a estas expectativas diferentes, el profesor tiene un comportamiento distinto con cada uno de los estudiantes.
3. Este tratamiento indica a cada estudiante el comportamiento y rendimiento que el profesor espera de él, y afecta al concepto de sí mismo, a la motivación para el rendimiento y al nivel de aspiraciones.
4. Si este tratamiento del profesor se mantiene con el tiempo, y si el estudiante no se resiste activamente o lo modifica de alguna manera, tenderá a dar forma a sus logros y actitud. Los estudiantes de altas expectativas se verán llevados a conseguir un nivel alto, mientras que disminuirán los logros de los estudiantes de bajas expectativas.
5. Con el tiempo, el rendimiento y actitud del estudiante se acercará más y más a lo que se esperaba de él.

Las perspectivas culturales en la didáctica de las ciencias naturales en relación con la enseñanza a estudiantes de contextos desfavorecidos

Algunos estudios recientes, encaminados a la comprensión de las desigualdades en las escuelas, enfatizan la importancia de incorporar una perspectiva social para el abordaje del compromiso emocional puesto en juego en el aula de ciencias y el impacto de las emociones en el desempeño del estudiantado.

Se ha hallado que cuando el capital cultural de las/los estudiantes no se valora en el aula de ciencias, las/los estudiantes perciben grandes hiatos entre sus propios conocimientos, valores y disposiciones y el currículum de ciencia escolar (Elmesky, 2001; Seiler, 2002, citados en Olitsky y Milne, 2012). Cuando esto sucede, sobrevienen las emociones negativas que interfieren con el aprendizaje. Concretamente recomiendan que los programas de ciencias debieran cambiar con el fin de ser más relevantes para los intereses del estudiantado, especialmente en áreas urbanas de bajos ingresos. En otras palabras, en lugar de centrarse en por qué un estudiante en particular deja de comprometerse con la clase, se deben hacer esfuerzos para involucrar a la clase en su totalidad utilizando el conocimiento de la cultura de las/los estudiantes con el fin de aumentar la pertinencia curricular. De este modo, comienzan a sentir emociones positivas acerca de su participación en la ciencia, lo que conduce a un mayor compromiso cognitivo y conductual (Olitsky y Milne, 2012).

Como señala Emdin (2012) algunas perspectivas muy relevantes en la enseñanza de las ciencias como el constructivismo, la naturaleza de la ciencia y el conocimiento pedagógico del contenido, pueden resultar ineficaces en las aulas urbanas si es que no se enfocan específicamente en las necesidades del estudiantado más marginado,

concretamente en la forma en que esa ciencia que se les enseña tiene sentido para ellas y ellos y en qué medida pueden sacar provecho de ella.

Desde este enfoque que retoma las perspectivas culturales en relación con la enseñanza de las ciencias, Nancy Brickhouse (2013) pone el foco también en que deberían contemplarse aspectos epistemológicos. Esta investigadora parte de la premisa de que el aprendizaje está inmerso en contextos socioculturales que le imprimen al conocimiento formas culturalmente específicas, y que el hecho de que el conocimiento científico que se enseña en la escuela haya sido generado en contextos tan diferentes de aquellos en los que viven muchos/as estudiantes, explicaría al menos en parte por qué el acceso a la ciencia es tan difícil para ellos/as. Añade que los contextos en los que trabajan los científicos pueden entenderse como una cultura muy particular, que los científicos tienen en común muchos valores y repertorios de recomendaciones prácticas. En ese sentido, Brickhouse refiere que en muchos entornos escolares tradicionales, los valores y repertorios de recomendaciones prácticas son estereotipados al punto que refuerzan una mirada científica de élite. La autora enfatiza:

“Desde esta perspectiva, las soluciones sugeridas a partir de las reformas basadas en estándares nunca serán suficientes para hacer frente a la desigualdad en el aprendizaje de las ciencias. El hecho de solamente proporcionar igualdad de oportunidades de aprender no dará resultados en tanto no se tengan en cuenta las dimensiones epistemológicas y culturales de la ciencia y de la ciencia escolar que deben mediar a fin de proporcionar acceso a una ciencia para todos/as”. (Brickhouse, 2013: 47, la traducción es nuestra)

Un análisis de las imágenes de ciencia del profesorado desde una perspectiva basada en modelos

La investigación internacional ha coincidido en caracterizar a las concepciones sobre la naturaleza de la ciencia que tiene buena parte del profesorado de ciencias en términos de su alejamiento de los saberes metacientíficos actuales. Y que esto cobra especial relevancia en tanto que dichas representaciones acerca de la ciencia pueden constituirse en verdaderos obstáculos a la hora de educar científicamente en función de las declamadas finalidades de la educación científica para la ciudadanía del siglo XXI (Furió et al., 2001; Acevedo Díaz, 2004). Se ha hablado de mitos, visiones deformadas, imágenes distorsivas, inadecuadas, de sentido común, *folk*.

Todas estas denominaciones aluden a un conjunto de representaciones poco adecuadas sobre diversos aspectos de la naturaleza de la ciencia. Se ha sostenido, como señalan Fernández et al. (2002), que estas inadecuaciones están conectadas entre sí, en el sentido de guardar una cierta coherencia interna, al estilo de los esquemas conceptuales presentes en las preconcepciones de los estudiantes. Nos interesa aquí recuperar la perspectiva de reconocer entre estas imágenes o visiones un ‘parecido de familia’ que ‘sintoniza’ con modelos epistemológicos de corte

tradicional, esto es, pertenecientes a las escuelas conocidas como positivismo lógico, concepción heredada y racionalismo crítico.

En este trabajo haremos referencia a estos modelos como *empiro-positivistas*. Y particularmente nos detendremos en aquellos aspectos de la imagen distorsiva en tanto imagen deficitaria y asistencialista en relación con los sujetos a los que se les enseña ciencias. Es en ese sentido que recuperamos los aportes enunciados por los tres referentes teóricos que describimos y caracterizamos en los apartados anteriores de este artículo. Pero es ahora cuando los hacemos confluír en una perspectiva eminentemente epistemológica. En otras palabras, pondremos el foco en presentar elementos de juicio que abonen la idea de que esta imagen de déficit del profesorado es subsidiaria de *una concepción de ciencia y de científico empiropositivístamente modelada*.

Elegimos para el análisis la perspectiva de los campos teóricos estructurantes de la epistemología (Adúriz-Bravo e Izquierdo, 2002). Estos campos son amplias áreas temáticas irreducibles y características que agrupan cuestiones metateóricas clásicas, que remiten a reflexiones genéricas sobre la naturaleza profunda de las ciencias naturales. Las cuestiones dejan planteados los problemas pero no les dan soluciones, dado que no remiten a un modelo epistemológico en particular, sino que se trata de preguntas fundamentales que cobran sentido para las profesoras y profesores de ciencias, en tanto dan lugar a la postulación de respuestas con implicaciones directas en la enseñanza de las ciencias naturales. Estas respuestas sí provienen de los diversos modelos epistemológicos y su selección tiene que ver con su valor para la educación científica (Adúriz-Bravo, 2005a, 2007).

A estas respuestas, que responden a modelos epistemológicos particulares, Adúriz-Bravo las da en llamar *ideas epistemológicas clave de la epistemología*. Según el autor, “[l]as ideas clave son afirmaciones sencillas sobre aspectos relevantes de la imagen de ciencia que queremos construir como profesores de ciencias; ellas suponen una toma de decisión para seleccionar una mirada epistemológica particular (el realismo pragmático, el evolucionismo, el estructuralismo, el falsacionismo sofisticado, el objetivismo...)” (Adúriz-Bravo, 2005a: 9).

A continuación, presentamos los siete campos estructurantes de la epistemología, caracterizados a partir de las preguntas clave a las que apuntan (Cuadro nº 1):

1. **Correspondencia y racionalidad:** ¿Dicen algo las ciencias sobre el mundo? ¿Qué relación existe entre realidad y predicación? ¿Cuál es la fiabilidad del conocimiento científico?
2. **Evolución y juicio:** ¿Cómo cambian las ciencias en el tiempo? ¿Cómo hacen los científicos para decidir sobre el nuevo conocimiento?
3. **Estructura y demarcación:** ¿Qué distingue la ciencia de otros tipos de conocimiento y actividad? ¿Cómo se clasifican las disciplinas científicas?
4. **Contextos y valores:** ¿Qué relaciones pueden establecerse entre la ciencia y otras manifestaciones culturales? ¿En qué ámbitos se genera, valida, aplica, evalúa y comunica la ciencia? ¿Cuáles son los valores involucrados en la empresa científica?
5. **Intervención y metodologías:** ¿Qué metodología utilizan los científicos para crear, validar y comunicar el conocimiento científico? ¿Qué transformaciones opera la ciencia en las formas de pensar, decir y hacer sobre el mundo?
6. **Representación y lenguajes:** ¿Cuáles son las unidades estructurales y funcionales de la ciencia (teorías, modelos, conceptos...)? ¿Cómo se definen, formalizan, representan?
7. **Normatividad y recursión:** ¿Qué relación se establece entre las ciencias y la epistemología? ¿Qué estatuto tiene el conocimiento metacientífico (prescriptivo, normativo, descriptivo...)?

Cuadro nº 1: Los campos teóricos estructurantes de la epistemología
(Fuente: Adúriz-Bravo, 2005a, 2005b)

Nos parece especialmente pertinente para este abordaje una combinación o hibridación de algunos campos en especial. Particularmente destacamos los tópicos referidos a *valores, racionalidad, metodologías y lenguajes*.

Desde el positivismo lógico del Círculo de Viena se sostuvo la pretensión de elaborar una 'epistemología sin sujeto', apartándose de las consideraciones que hacen a las condiciones de producción del conocimiento científico, ya sea desde la perspectiva individual o colectiva del trabajo científico. Como señalan Palma y Wolowelsky: "El sujeto humano que hace ciencia quedaba definitivamente afuera de la consideración, en la medida en que las determinaciones contextuales, en el mejor de los casos, sólo podían explicar los errores". (Palma y Wolowelsky, 2001: 15). Se erige la idea de una racionalidad categórica basada en la lógica formal: "Esta vocación ineludible de estar al servicio de la objetividad [...] erige a esta concepción como modelo de la racionalidad o simplemente como 'la' racionalidad" (Glavich et al., 1997). Dentro de las críticas que Karl Popper dirige al positivismo lógico (y por extensión a sus continuadores de la concepción heredada) aparece la idea de una epistemología con sujeto, donde se reconoce la mediación del investigador en la construcción del conocimiento y la propuesta de un racionalismo basado en agentes que actúan con apego a la lógica formal y en procura de un objetivismo fundado en buena parte en la intersubjetividad, esto es, no solamente establecer relaciones lógicas entre enunciados, sino también a partir de interactuar con otros sujetos llegando a acuerdos racionales con ellos (Popper, 1995).

Como señala Javier Echeverría (1998: 82), subyace en el posicionamiento de Popper un imperativo moral acerca del deber ser de la actividad científica que va en consonancia con el espíritu de la época del que da cuenta el CUDEOS mertoniano, en pos de un *ethos* de la ciencia, fuertemente normativo. En este sentido se prefigura una suerte de ideal del sujeto que hace ciencia.

Entonces, este científico en el que se piensa resume en buena medida el conjunto de cualidades que el imaginario colectivo atribuye a las personas que se dedican a la ciencia: observador, estudioso, dedicado, prolijo, metódico, minucioso, cuidadoso, honesto, desinteresado (el científico detectivesco o pesquisador). Pero ese conjunto de cualidades es sólo una de las facetas del científico que aparece reflejada en ese imaginario.

La otra, es casi opuesta a la anterior: Sin solución de continuidad y en función del contexto de la indagación las referencias pueden ser en relación a su imaginación, creatividad, brillantez, pero al mismo tiempo despiste y ciertos rasgos de locura (el científico 'a la Einstein'). Esta dicotomía ya ha sido reflejada en los resultados del trabajo de Mead y Metraux (1957) que mencionáramos en la primera parte de este trabajo.

El estereotipo del científico y sus raíces alquímicas

Lo afirmado hasta aquí se complementa con la propuesta del filósofo de la química Joachim Schummer (2006) en su hipótesis acerca de la génesis de la imagen del 'científico loco': Este autor postula que la literatura de ficción del siglo XIX se ha encargado de retomar las particularidades de los alquimistas medievales.

El Fausto de Goethe y el Frankenstein de Mary Shelley serían ejemplos de cómo se conjugan las fuerzas naturales y las fuerzas místicas en pos de una obsesión: ser como dioses, jugar a la inmortalidad, a la creación de vida. Schummer sugiere que habría un por qué o un para qué de la recurrencia en ciertos literatos del siglo XIX a la figura del alquimista. Según este autor, se crea como una respuesta literaria a la emergencia de la nueva química, que se erige como el prototipo de las ciencias experimentales vistas como una seria amenaza a la unicidad del conocimiento y relacionadas con el ateísmo, el materialismo, el nihilismo y con su pretendida arrogancia.

Para resaltar los aspectos negativos y atacar las ideas iluministas de la ciencia, los escritores se basarían en la figura del alquimista medieval. Esta imagen del personaje encerrado, que invierte su propia vida para conseguir aquello que se propone, dejando de lado todo lo mundano, incluso su propia familia, o bien la del truhán que, prometiendo enseñar estas técnicas, esquilmaba a sus víctimas, despojándolas de sus bienes. Es así que:

[...]para hacer que la arrogancia fuera una acusación moralmente convincente para sus lectores, los autores del siglo XIX crearon al "científico loco". Transformado a partir del alquimista ya establecido en la literatura medieval, el científico loco combina la arrogancia con toda la perversión moral que los escritores del siglo XIX podían imaginar. [...] [E]sta figura literaria ha dominado la visión pública de la ciencia desde entonces (Schummer, 2006: 125; la traducción es nuestra).

Esta combinación de características aunadas en la figura estereotípica del científico con raíces alquímicas también sintoniza con el tipo de enfoque analítico-sintáctico, con preeminencia de formulaciones lógico-lingüísticas que utilizan las corrientes empiro-positivistas para caracterizar a la ciencia (Pujalte, Gangui y Adúriz-Bravo, 2012).

En el trabajo de Fernández et al. (2002) se postula una visión de ciencia del profesorado de carácter empiro-inductivista con preeminencia de la observación, pero también analítica, rígida, algorítmica, exacta e infalible que se compadece a las claras con este tipo de enfoque y formulaciones característicos del empiro-positivismo. Esta caracterización de la imagen de ciencia del profesorado que hace el trabajo de referencia la vincula con una visión individualista y elitista de la actividad científica:

"A menudo se insiste explícitamente en que el trabajo científico es un dominio reservado a minorías especialmente dotadas, transmitiendo expectativas negativas hacia la mayoría de los alumnos, con claras discriminaciones de naturaleza social y de género (la ciencia es presentada como una actividad eminentemente «masculina»). Se contribuye, además, a este elitismo escondiendo la significación de los

conocimientos tras presentaciones exclusivamente operativistas. No se realiza un esfuerzo por hacer la ciencia accesible (comenzando con tratamientos cualitativos, significativos), ni por mostrar su carácter de construcción humana, en la que no faltan confusiones ni errores, como los de los propios alumnos". (Fernández et al. 2002: 482)

Si entonces existe la preconcepción de que la estructura del conocimiento científico tiene esa sintaxis y que requiere rigor lógico y analítico para abordarla, esto nos llevaría a pensar que el profesorado que sustenta esa visión creará que habrá estudiantes con las capacidades como para abordarla y entenderla. Para aquellos/as estudiantes que no cuenten con esas capacidades se destinaría una ciencia de menor calidad, de carácter superficial y anecdótico, adecuada a sus posibilidades.

La identificación explícita o implícita del profesorado con esta visión termina transmitiéndose al estudiantado, tanto en relación a la caracterización que estos últimos hacen de la ciencia y de los científicos como con el discurso que terminan internalizando en relación a sus (dis)capacidades con respecto al aprendizaje de la ciencia. Esto se acentúa cuando se trata de estudiantes provenientes de contextos socioeconómicamente desfavorecidos, como ha sido relevado en un estudio llevado a cabo con 96 estudiantes de entre 14 y 16 años de una escuela a la que asisten jóvenes de extracción social baja (Pujalte, Porro y Adúriz-Bravo, 2012). Resulta contundente evidenciar en el trabajo de referencia que 86 sobre un total de 96 estudiantes manifiestan no imaginarse dedicándose a la actividad científica. Pero allí no estaría lo preocupante sino más bien en las razones a las que aluden para argumentar su desinterés:

- "No me gusta"
- "Es muy difícil"
- "No son para mí"
- "Es para personas muy inteligentes"
- "No me daría la cabeza"
- "Yo no sirvo"
- "No tengo la capacidad"
- "No la entiendo"

Consideramos que estas apreciaciones que el propio alumnado manifiesta sobre sí en relación con los saberes científicos y sus supuestas (dis)capacidades para apropiarse de esos conocimientos son en buena medida introyectados, quizás en el propio entorno familiar pero también (y con especial importancia) a través de la enseñanza recibida por parte de algunos profesores y profesoras, en tanto transmisores de una imagen de ciencia poco educativa en los términos que la describimos en el apartado dedicado a las imágenes de ciencia del profesorado.

Conclusiones

El profesorado de ciencias tiene una serie de concepciones y representaciones sobre la ciencia, a las que se suele aludir en términos de imágenes de ciencia. Un profesor o profesora de ciencias lleva su imagen de ciencia consigo cuando da clases. Una imagen que se vehiculiza en el aula tanto en el discurso como en la acción: en los

diálogos con los alumnos y alumnas, en el tratamiento diferencial dispensado a algunas y algunos estudiantes, en el tipo y formato de contenidos seleccionados, en las formulaciones elegidas para presentar las teorías y modelos de la ciencia, en el tipo de estrategias didácticas elegidas, en las actividades propuestas y las demandas cognitivas que esas actividades promueven, en las evaluaciones... Todo esto como concreción en acto de las finalidades que esas profesoras o profesores, implícita o explícitamente, persiguen para sus alumnos y alumnas. Es así que una imagen de ciencia deficitaria en algunos profesores y profesoras, tal como la hemos caracterizado en este trabajo resulta un obstáculo para una educación científica y tecnológica de calidad para todas y todos.

La clave para el cambio de esa imagen estará directamente relacionada con una intervención en la formación inicial y continua de los profesores y profesoras de ciencias que incluya una selección de contenidos metacientíficos desde una perspectiva que se plantee reflexivamente para qué es necesaria la integración de la naturaleza de la ciencia (esto es, contenidos de historia de la ciencia y epistemología seleccionados para la enseñanza) en los currículos de ciencia de todos los niveles educativos, en términos de educación científica de calidad.

Bibliografía

- Acevedo Díaz, J. A. (2004) Reflexiones sobre las finalidades de la enseñanza de las ciencias: educación científica para la ciudadanía. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las ciencias*, v. 1, n. 1, p. 3-16.
- Adúriz-Bravo, A. (2005a). ¿Qué naturaleza de la ciencia hemos de saber los profesores de ciencias?: Una cuestión actual de la investigación didáctica. *Tecné, Episteme y Didaxis*, Número extraordinario, p. 23-33.
- Adúriz-Bravo, A. (2005b). *Una introducción a la naturaleza de la ciencia: la epistemología en la enseñanza de las ciencias naturales*. Buenos Aires: Fondo de Cultura Económica.
- Adúriz-Bravo, A. (2007). La naturaleza de la ciencia en la formación de profesores de ciencias naturales. En: Gallego Badillo, R., Pérez Miranda, R. y Torres de Gallego, LN (comps.). *Didáctica de las ciencias. Aportes para una discusión*. Bogotá: Universidad Pedagógica Nacional.
- Adúriz-Bravo, A., e Izquierdo-Aymerich, M. (2002). "Directrices para la formación epistemológica del futuro profesorado de ciencias naturales". En: G.A. Perafán, A. Adúriz-Bravo (comps.): *Pensamiento y conocimiento de los profesores: Debate y perspectivas internacionales*, 127-139. Bogotá: Universidad Pedagógica Nacional.
- Brickhouse, N. W. (2013). Conceptions of Inequality in the Era of Bush/Obama. In *Moving the Equity Agenda Forward* (pp. 39-51). Springer Netherlands.
- Carullo, J. C. (2002). La percepción pública de la ciencia: El caso de la biotecnología. *Red Regional de Bioseguridad (RNBio). Programa de Biotecnología para América Latina y el Caribe (BIOLAC)*. Disponible en: <http://www.conicit.go.cr/boletin/boletin12/percepcion.pdf> (última consulta 27/06/2016)
- Cortassa, C. (2012). *La ciencia ante el público*. Buenos Aires: Eudeba.
- Echeverría (1998). *Filosofía de la Ciencia*. Madrid: Akal
- Emdin, C. (2012). Reality pedagogy and urban science education: Towards a comprehensive understanding of the urban science classroom. *Second international handbook of science education* (pp. 59-68). Springer Netherlands.

- Fernández, I, Gil, D., Carrascosa, J., Cachapuz, A. y Praia, J (2002) Visiones deformadas de la ciencia transmitidas por la enseñanza, *Enseñanza de las Ciencias*, Vol. 20 (3) 477-488.
- Furió, C., Vilches, A., Guisasola, J. y Romo, V. (2001). Finalidades de la enseñanza de las ciencias en la Secundaria Obligatoria. ¿Alfabetización científica o preparación propedéutica? *Enseñanza de las Ciencias*, 19(3), 365-376.
- Glavich, E., Ibáñez, R., Lorenzo, M. y Palma, H. (1998). *Notas introductorias a la filosofía de la ciencia. I. La tradición anglosajona*. Buenos Aires: Eudeba. (3ª reimpresión, 2001.)
- Hermelin, D. (2011). Un contexto para la comunicación pública de la ciencia y la tecnología en Colombia: de las herencias euro-céntricas a los modelos para la acción. *Co-herencia*, 8(14), 231-260.
- Jussim, L., Eccles, J., y Madon, S. (1996). Social perception, social stereotypes, and teacher expectations: Accuracy and the quest for the powerful self-fulfilling prophecy. *Advances in experimental social psychology*, 28, 281-388.
- Mead, M. y Metraux, R. (1957) Image of the scientist among high-school students: A pilot study. *Science*, 26, 384-390.
- Olitsky, S., y Milne, C. (2012). Understanding engagement in science education: The psychological and the social. In *Second international handbook of science education* (pp. 19-33). Springer Netherlands.
- Oppenheimer, F. (1968). A rationale for a science museum. *Curator: The Museum Journal*, 11(3), 206-209.
- Palma, H. y Wolovelsky, E. (2001). *Imágenes de la racionalidad científica*. Buenos Aires: Eudeba.
- Polino, C., Fazio, M. E., y Vaccarezza, L. S. (2003). Medir la percepción pública de la ciencia en los países iberoamericanos: Aproximación a problemas conceptuales. *CTS+ I: Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología, Sociedad e Innovación*, (5), 1.
- Popper, K (1995). *La lógica de la investigación científica*. Barcelona: Círculo de Lectores.
- Pujalte, A., Gangui, A., y Adúriz-Bravo, A. (2012). “La ciencia en los cuentos”: análisis de las imágenes de científico. *Ciencia Ergo Sum*, 19(3), 261-270.
- Pujalte, A., Porro, S. y Adúriz-Bravo, A. (2012) “Yo no sirvo para esto” La desidentificación con la ciencia de un grupo de estudiantes de secundaria: Perspectivas de análisis y propuestas superadoras. *X Jornadas Nacionales V Congreso Internacional de Enseñanza de la Biología: Entretejiendo la enseñanza de la Biología en una urdimbre emancipadora -ADBIA- Asociación de Docentes de Biología de la Argentina-*
- Rist, R. (1999). Sobre la comprensión del proceso de escolarización: Aportaciones de la teoría del etiquetado. En: *Sociología de la Educación*. Mariano Fernández Enguita (editor). Barcelona: Ariel.
- Rosenthal, R., & Jacobson, L. (1968). Pygmalion in the classroom. *The Urban Review*, 3(1), 16-20.
- Schummer, J. (2006). Historical Roots of the ‘Mad Scientist’: Chemists in Nineteenth-Century Literature. *Ambix*, 53(2), 99-127.