

IMAGEN DE LA CIENCIA EN ALUMNOS UNIVERSITARIOS: UNA REVISIÓN Y RESULTADOS

PETRUCCI, DIEGO y DIBAR URE, MARÍA CELIA
Centro de Formación e Investigación en Enseñanza de las Ciencias
Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires
Ciudad Universitaria. Pabellón II. 1428. Buenos Aires. Argentina

SUMMARY

The present study intends to look into the image of science of science students' at university level. We discuss previous articles and then we present our treatment of the subject as well as some results. We studied three groups of biology and geology students who were attending Elementary Physics courses with different teaching strategies. Our work was qualitative and exploratory and we didn't start from set categories to analyse the data. We show categories about what students think the goals of science are and an analysis about their vision of how theories change.

ESTADO ACTUAL DE CONOCIMIENTO DEL TEMA

No se pretende aquí realizar una exposición exhaustiva de las investigaciones en el área, sino presentar una breve revisión histórica y algunos ejemplos de trabajos recientes. El tema puede hallarse ampliamente desarrollado, por ejemplo, por Driver y otros (1996), quienes presentan además un resumen de la evolución y estado actual de la epistemología.

Uno de los fines básicos de la enseñanza de las ciencias es lograr que los estudiantes alcancen una adecuada comprensión de su naturaleza. Este fin, ya planteado en 1920, según indica la National Society for the Study of Education (1960), y considerado en los últimos años componente crítico de la literatura científica (American Association for the Advancement of Science, 1989; National Science Teachers Association, 1982), está presente explícitamente en las reformas educativas que actualmente se implementan tanto en España como en Argentina. Driver y otros (1996) argumentan, en los primeros capítulos, sobre la importancia de que los estudiantes logren una adecuada visión de la ciencia.

Según Lederman y Zeidler (1987), la «naturaleza de la ciencia» puede entenderse como el conjunto de valores y supuestos inherentes al desarrollo del conocimiento científico. Éstos, como se desarrolla en el siguiente apartado, son abiertos y discutidos en el terreno epistemológico. En particular nos referiremos a la imagen de la ciencia como una caracterización de la misma, la cual no implica necesariamente una reflexión y una elaboración por parte de los estudiantes. La investigación sobre la naturaleza de la ciencia en la enseñanza es un área prolífica, caracterizada por varias líneas paralelas de trabajo. Los primeros estudios sobre el tema abarcaban concepciones más generales que no discriminaban entre: actitudes hacia la ciencia, hacia los cursos de ciencias, concepciones sobre la naturaleza de la ciencia o visión de la ciencia por parte de los estudiantes.

Según Lederman (1992), el primer instrumento para indagar sobre las concepciones de los alumnos fue desarrollado por Wilson en 1954. Indicó que: *a*) los estudiantes consideraban el conocimiento científico como abso-

luto; *b*) el principal objetivo de los científicos es descubrir leyes naturales y verdades; y *c*) presentaban actitudes negativas hacia la ciencia. Los estudios posteriores fueron consistentes con este resultado; en particular, los estudiantes no poseían las ideas que la educación propone entre sus fines. En la década del sesenta, grupos de investigación se propusieron desarrollar currículos que corrigieran esta situación. Pero la eficacia de un currículo variaba ampliamente con distintos docentes o alumnos. La conclusión, no corroborada, fue que las diferencias se debían, básicamente a las posturas individuales de los docentes. Nació entonces una nueva línea de investigación –aún vigente– que estudia las concepciones de los docentes. Los primeros resultados indicaron que sus niveles de comprensión del tema no eran adecuados. Las investigaciones comenzaron así a centrarse en el desarrollo y evaluación de técnicas para mejorar tal situación; estos intentos han tenido algún éxito cuando han incluido explícitamente aspectos históricos o referidos a la naturaleza de la ciencia.

Una conclusión interesante planteada por Lederman es que los antecedentes académicos de los docentes no resultan una variable significativa en la conformación de las ideas acerca de la naturaleza de la ciencia. En resumen, aún se desconoce cómo se constituyen estas ideas. Lederman señala también que todas estas líneas de investigación conllevan dos supuestos. Uno es que la visión de los estudiantes se ve afectada por la visión de los docentes y el otro, que esta relación estaría mediada tanto por las conductas de los docentes como por la «ecología del aula». Haber llegado a reconocer estos supuestos a partir de las investigaciones es un logro que fundamenta el interés en comprender cómo se producen los cambios en las concepciones de los estudiantes (Brickhouse, 1989; Duschl, 1989).

Duit (1993) ha realizado una revisión de los estudios publicados durante los últimos veinte años en cuarenta revistas de enseñanza de las ciencias y psicología cognitiva, en libros y memorias de congresos, acerca de las concepciones de los estudiantes sobre diversos aspectos de la ciencia. Sus conclusiones son compatibles con las de Lederman. Es destacable su observación de que el diseño de la mayoría de los estudios utiliza tomas puntuales (como «fotos» o «fotos múltiples») y plantea la necesidad de realizar investigaciones longitudinales, en las que pueda apreciarse el proceso. También propone el estudio de las relaciones entre las concepciones de la ciencia y las de enseñanza-aprendizaje.

La investigación sobre imágenes de la ciencia ha sido abordada desde diferentes perspectivas (epistemológica, didáctica, psicológica, sociológica, etc.) y las metodologías empleadas comprenden una amplia gama. No está claro cómo estos enfoques inciden sobre los resultados, debido a que las variables no pueden manipularse, y las características de cada muestra difieren de un estudio a otro (desde adolescentes a profesores en formación permanente, sin considerar otros aspectos, como los sociológicos). Estas cuestiones pueden apreciarse en los dos estudios que se describen brevemente a continuación.

Larochelle y Désautels (1991) indagaron sobre la imagen de la ciencia de 25 estudiantes de secundaria mediante entrevistas semiestructuradas y hallaron que en sus representaciones subyacían el inductivismo ingenuo y el empirismo. Estos datos coinciden con aquéllos obtenidos en los primeros estudios de las décadas del cincuenta y sesenta, y probablemente sean el resultado reiterado con mayor frecuencia en estos trabajos.

Por otro lado, Kouladis y Ogborn (1989) indagaron respecto a la visión sobre el conocimiento científico de 40 estudiantes avanzados del profesorado y 54 profesores de ciencias, mediante una encuesta de opción múltiple, tomando categorías dadas por la epistemología (inductivismo, deductivismo hipotético, contextualismo racionalista, contextualismo relativista y relativismo). Cotejaron las respuestas estableciendo correlaciones, y tuvieron que agregar una nueva categoría, el eclecticismo. La postura más asumida fue la contextualista (kuhniiana) y hallaron diferencias según la disciplina que enseñaban. Los profesores de química, por ejemplo, se adherían a posturas eclécticas más que los de física y biología.

Cabe destacar que utilizaron una metodología cuantitativa con categorías preestablecidas, mientras que Larochelle y Désautels (1991) utilizaron una metodología cualitativa sin categorías previas. Comparando estos dos trabajos, se aprecian diferencias en las características y profundidad de los resultados que no pueden ser atribuidas totalmente a las diferencias de las muestras.

Por otra parte, es necesario destacar los riesgos que implica clasificar a los estudiantes según categorías epistemológicas (como: empirista, positivista, kuhniiana, etc.). La situación es similar a los intentos de realizar analogías entre la evolución de las teorías de los niños y la evolución histórica de una disciplina. Si bien es cierto que pueden hallarse coincidencias puntuales en cuestiones emergentes. Por ejemplo, al caracterizar a unos niños como «aristotélicos» no se está considerando la enorme complejidad y la coherencia interna que esta teoría posee. Así, es común ver en estudios de este tipo referencias al inductivismo ingenuo, al empirismo y al positivismo como si se tratara de una misma postura.

A su vez, un trabajo que se encuadra dentro de una línea de tipo sociológico como el de Cobb y otros (1991) ejemplifica la posibilidad de analizar un caso de enseñanza de matemáticas desde una perspectiva diferente. El trabajo pretende estudiar en toda su complejidad un 2º grado (7 años) que fue observado durante un año entero. Los autores intentaron construir una red de significados que les permitiera desarrollar una ontología para hacer inteligible el quehacer del aula: establecieron analogías entre las etapas que se van dando en el aula y las actividades científicas, aunque marcando las diferencias que hay entre la comunidad escolar y la científica. La metodología utilizada fue analizar los patrones de interacción social del aula, fundamentalmente a través de los diálogos. Como resumen de las conclusiones podemos indicar que la distinción entre entrenar y educar caracteriza a la enseñanza de la matemática que es compatible

con el positivismo y con la filosofía de la ciencia contemporánea¹.

Roth y Roychoudhury (1994) realizaron un estudio cuyos resultados nos dan una pauta más de la complejidad del tema. Una de sus conclusiones es que las visiones de los estudiantes no son commensurables con una única posición epistemológica. Un estudiante que afirma que el conocimiento científico se aproxima a la verdad y que ésta existe independientemente de la conceptualización humana puede, al mismo tiempo, sostener que el conocimiento científico es función del entorno social de los científicos, así como preferir estudiar ciencia en una clase de laboratorio que utilice una metodología de enseñanza por investigación autodirigida, en la cual las interpretaciones discrepantes son negociadas. Es como si los estudiantes compartimentalizaran su conocimiento, lo que les permitiría sostener simultáneamente visiones incommensurables² sin darse cuenta del conflicto. Los autores indican que Belenky y otros (1986) interpretan que el origen de esas visiones incommensurables está en la naturaleza transitoria del compromiso epistemológico de los estudiantes.

Éste es uno de los resultados que dan sustento al desarrollo de investigaciones que no busquen partir de categorías previas establecidas por la epistemología, sino que pretendan deducirlas de los mismos datos, teniendo en cuenta tanto aspectos psicológicos del aprendizaje como las metodologías de enseñanza.

Entre los estudios realizados sobre la imagen de la ciencia que poseen los profesores, Brickhouse (1990) examinó el efecto de sus creencias sobre la naturaleza de la ciencia en sus prácticas de aula. Entrevistó a tres docentes y realizó observaciones de aula. Halló diferentes visiones de la ciencia y concluyó que estas creencias no sólo influenciaban las clases específicas sobre naturaleza de la ciencia, sino también el currículo implícito sobre la naturaleza del conocimiento científico.

Duschl y Wright (1989) obtuvieron resultados diferentes. Utilizando como marco teórico la toma de decisiones, mediante entrevistas, investigaron qué papel juega la naturaleza de los temas a enseñar cuando los profesores planifican y dictan sus clases. Concluyeron que los modelos de toma de decisiones usados por los docentes están afectados principalmente por el grado de desarrollo de los estudiantes, los objetivos curriculares y las presiones institucionales, mientras que la visión de la naturaleza de la ciencia es poco o nada considerada.

Nos referiremos, a modo de cierre de esta reseña, a dos aspectos que señala Lederman (1992). Por un lado, actualmente está en discusión cuál es la relación de la visión del docente con cada una de las variables de aula y, por otro, es necesario comprender cómo la transferencia al aula está mediatizada por un complejo conjunto de variables situacionales. En nuestra opinión, es claro que no es suficiente que el docente tenga concepciones adecuadas acerca de la naturaleza de la ciencia para que sus alumnos las logren. Intentar comprender estas relaciones no resulta sencillo porque, entre otros aspectos,

las variables de aula no pueden ser «aisladas» y la imagen de la ciencia es difícil de «medir». En particular, el aula es un sistema extremadamente complejo (Duschl y Wright, 1989) que puede ser abordado desde diferentes perspectivas (epistemológica, didáctica, psicológica, sociológica, etc.) y metodologías. Ante esta situación, se hace especialmente interesante indagar las relaciones entre posibles modificaciones en la imagen de la ciencia al cursar con diferentes metodologías de enseñanza que, tomadas como un conjunto global de variables, resultan sencillas de identificar.

LA DISCUSIÓN EPISTEMOLÓGICA

Al iniciar la revisión de las investigaciones en el tema hemos indicado que uno de los fines de la enseñanza de las ciencias es lograr que los estudiantes alcancen una adecuada comprensión de la naturaleza de la ciencia. Ahora bien, ¿qué entendemos por *adecuada* comprensión de la naturaleza de la ciencia? Aceptando que son un conjunto de valores y supuestos inherentes al desarrollo del conocimiento científico, estos supuestos no son sencillos de identificar.

A lo largo del siglo, la epistemología ha ido evolucionando a partir de un inductivismo que no lograba justificar la existencia de leyes en la ciencia, pasando por las ideas del Círculo de Viena, que fueron criticadas por posturas refutacionistas (Popper, 1973). Este refutacionismo fue también criticado, lo cual hizo que se tornara cada vez más sofisticado. La discusión sobre esta problemática fue interrumpida cuando se comenzó a considerar el avance de la ciencia como el producto del desarrollo de paradigmas, cambio que se produjo a partir del trabajo de Kuhn «La estructura de las revoluciones científicas» (1971), en 1962. A partir de este momento se ha generado un rico debate con nuevas propuestas que intentan considerar a la ciencia y su desarrollo en toda su complejidad (Lakatos, 1989; Feyerabend, 1986; Toulmin, 1972; Laudan, 1977). El interés pasó así a centrarse en comprender cómo avanza la ciencia, a diferencia de lo que ocurría a principio de siglo, cuando se pretendía que la epistemología fuera normativa.

No puede decirse que actualmente exista una escuela epistemológica hegemónica, aceptada por la gran mayoría de los especialistas. Las posturas varían desde las más racionalistas, como la que propone Bunge (1988) y las variantes neopopperianas, hasta otras más radicales, como las de Feyerabend (1986) y Kuhn (1971).

Según los resultados de los estudios descritos en la revisión bibliográfica, las ideas de los alumnos sobre la ciencia se parecen a una epistemología de principio de siglo o, lo que resulta más preocupante aún, a la concepción de que los fundamentos de la ciencia son triviales e inmutables. Consideramos que una visión «adecuada» incluiría el conocimiento de la discusión epistemológica, de manera que permitiera comprender la complejidad del tema.

OBJETIVOS

Los resultados de las investigaciones sobre el tema indican que la aspiración de lograr que los alumnos alcancen una adecuada visión de la naturaleza de la ciencia está lejos de alcanzarse y que las concepciones de los docentes no suelen ser las deseables. Esta situación alcanza también a los estudiantes universitarios, siendo crítico el caso de estudiantes de carreras científicas. Actualmente hay consenso entre los especialistas respecto a que debemos intentar comprender cómo evolucionan las visiones de la ciencia de los estudiantes y su relación con la «ecología» del aula (Lederman, 1992). En este contexto, nos propusimos indagar qué imagen de la ciencia tienen nuestros estudiantes universitarios. La clasificación debía surgir de los propios datos y no de categorías elaboradas previamente. Consideramos que estos resultados pueden constituirse en una base sólida para comenzar a indagar la influencia que puedan tener las variables del aula.

MARCO TEÓRICO Y CARACTERIZACIÓN METODOLÓGICA

En este trabajo se presentan los resultados respecto a dos ejes: los fines de la ciencia y el cambio de teorías. El enfoque empleado es de tipo exploratorio y tanto los datos como su tratamiento son cualitativos (Erickson y Nosanchuk, 1977).

Se utiliza un marco epistemológico que provee una guía para seleccionar los aspectos sobre los que se desea conocer las ideas de los sujetos. No se emplea un marco teórico *a priori* para analizar los datos. Una de las opciones metodológicas hubiera sido clasificar las respuestas según las escuelas epistemológicas. Pero no se consideró apropiado utilizar posturas y visiones académicas de la ciencia para caracterizar las ideas de los alumnos. Por lo tanto, las categorías han sido armadas a partir de los propios datos, como lo proponen Glasser y Strauss (1968). Durante el análisis cualitativo de las

respuestas, los agrupamientos se realizaron minimizando y explicitando las interpretaciones (Spradley, 1979). Los resultados fueron revisados con la intención de cotejar las categorías elaboradas con los propios supuestos y expectativas (Colinvaux, 1992).

Se han tomado datos en tres cursos de física básica similares en contenidos pero con modalidades pedagógicas diferenciadas (Tabla I). Los alumnos de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional de La Plata (UNLP-Argentina) pueden elegir entre dos modalidades diferentes: una de tipo convencional y la otra con características coherentes con el constructivismo (Cordero et al., 1996) llamada «Taller de enseñanza de física». En la Universidad de Buenos Aires (UBA) se dicta un curso de Física I para biólogos y geólogos que puede describirse como esencialmente convencional. Una característica particular de estos estudiantes es que han cursado la materia Pensamiento Científico, durante su ingreso a la universidad. En la UNLP Física puede ser cursada en el segundo año de carrera (alrededor de 20 años de edad), aunque un número reducido de alumnos postergan su cursado hasta los últimos años. Por su parte, de la muestra relevada en UBA, un 75% había ingresado a la carrera ese mismo año o el anterior, no habiendo ningún alumno con más de seis materias aprobadas.

El curso de la UBA se estructura de un modo similar al de Físicas para estudiantes de la licenciatura en Física, aunque comprimido, de modo que abarque dos cursos semestrales. Por su parte, en el taller, que en sus orígenes presentaba un programa de contenidos similar al de UBA (con 36 unidades), mediante un proceso de selección, jerarquización y organización, el programa se ha reducido (a siete unidades) con dos objetivos centrales: lograr una sólida formación conceptual en mecánica clásica y orientar los contenidos de modo que tengan aplicación en biología y geología (Cordero et al., 1996).

Los ejes sobre los que se deseaba indagar, a fin de establecer la visión epistemológica de los alumnos surgieron de la revisión bibliográfica y el análisis de nuestros supuestos y expectativas. Un primer cuestionario se

Tabla I
Caracterización de los cursos estudiados.

Curso	Modalidad	Duración	Altura de la carrera	Número de encuestados	
				Inicial	Final
UBA	Convencional (clases teóricas, clases prácticas y de laboratorio)	Semestral	Variable. Alto porcentaje en 1° o 2° año	45	15
UNLP Conv.	Convencional (clases teóricas, clases prácticas y de laboratorio)	Anual	2° año. Algunos en años superiores	70	13
UNLP Taller	Constructivista (Clases teórico-prácticas)	Anual	2° año. Algunos en años superiores	47	17

implementó en una muestra control (10 alumnos de Física I, Facultad de Ingeniería, UNLP). Se analizaron sus resultados y se decidió efectuar modificaciones. La segunda versión fue pasada a una muestra similar y los resultados fueron satisfactorios. En el anexo se presenta la versión definitiva del mismo.

El cuestionario fue pasado al inicio y al final de los cursos 1996, en la comisión del taller, en cuatro de las ocho comisiones de la modalidad convencional de la UNLP y en las dos comisiones con que contaba el curso de UBA. A los estudiantes se les aclaró que era parte de un trabajo de investigación, sin relación con la evaluación del curso, que era voluntario y anónimo, que necesitábamos conocer «lo que ellos realmente pensaban» y se pidió que evitasen las respuestas por compromiso.

RESULTADOS

¿Cuáles son los fines de la ciencia?

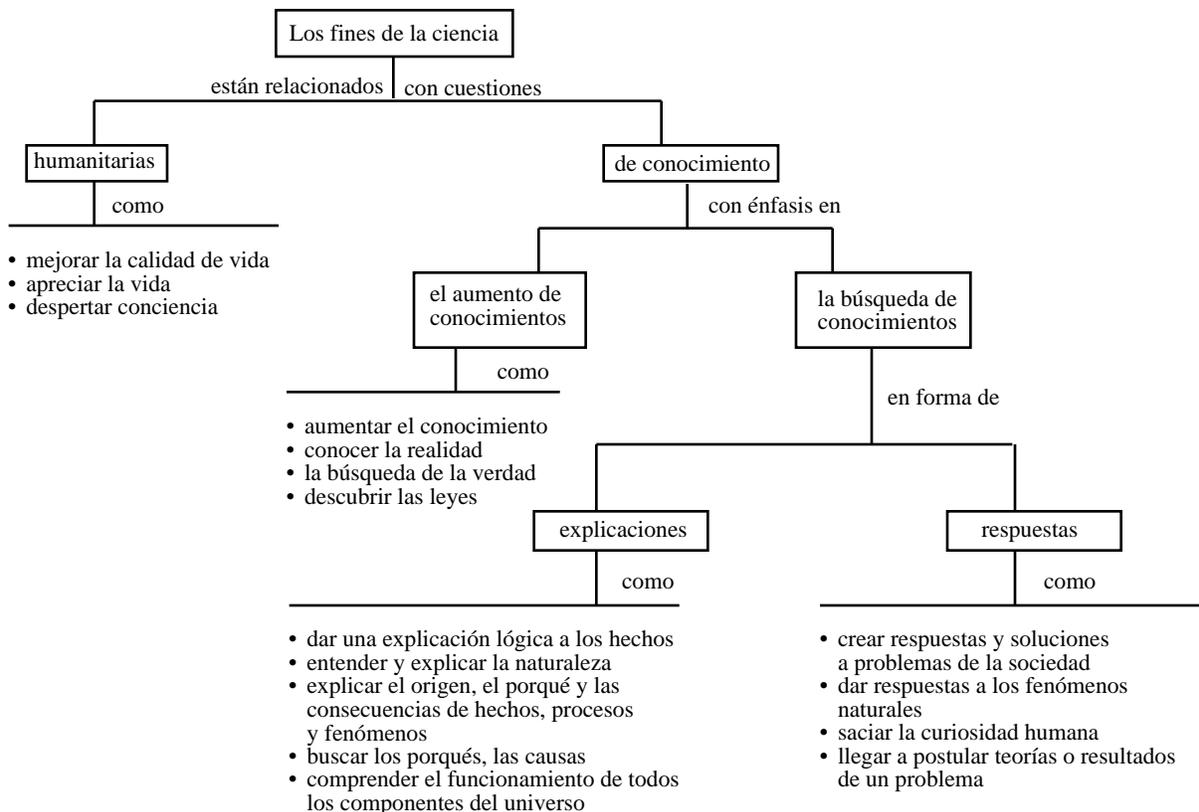
Para presentar los resultados, describiremos el proceso de clasificación realizado con los datos, para permitir el intercambio y la discusión con otros grupos de investi-

gación que utilicen metodologías similares. Se tomaron al azar 20 respuestas (comisión taller) a la pregunta *¿Cuáles son los fines de la ciencia?* Cada respuesta fue leída y se registraron nuestras impresiones. Se realizó una primera clasificación «cercana» a los datos, buscando repeticiones y sinónimos, minimizando las interpretaciones. Fueron identificadas palabras que sugerían significados similares o que presentaban características comunes (por ejemplo: *búsqueda de soluciones* y *buscar respuestas*). Durante este proceso más de una vez fue necesario volver atrás. Finalmente se obtuvieron cuatro categorías. Al analizar otras 20 respuestas (curso convencional UNLP), fue evidente que estas categorías resultaron apropiadas. Finalmente fueron categorizadas las respuestas de los 45 alumnos que contestaron al inicio y final de los cursos. En elaboraciones posteriores, las categorías fueron agrupadas como se muestra en el esquema 1, en el cual los ejemplos textuales están precedidos por un punto (•).

El esquema posee forma de árbol invertido. Las categorías inferiores poseen más características en común y están, por ende, menos diferenciadas. A continuación se caracteriza y se presentan ejemplos de cada categoría.

a) El fin es humanitario: Es la categoría que más claramente se distingue de las otras. Un 32% (29 sobre 90) de

Esquema 1



las respuestas incluyen fines de este tipo. Dentro de esta categoría los fines mencionados son:

mejorar la calidad de vida (8 respuestas); *mejorar nuestras vidas* (3); *mejorar la vida de todos los seres vivos*; *bienestar* (2); *beneficio de todos* (2); *mejorar la sociedad y el hombre* (2); *un mundo mejor* (2); *entender y apreciar la vida* (2); *resolver problemas de la sociedad*; *poner el conocimiento al servicio del hombre*; *despertar conciencia*; *mejor desenvolvimiento del hombre*; *aprovechamiento de recursos*; *proponer un desarrollo global sustentable*.

Por ejemplo:

Investigar el mundo en que nos desarrollamos, para aplicar esos conocimientos en beneficio de la calidad de vida.

b) El fin es aumentar los conocimientos: Dentro de los fines relacionados con el *conocimiento* (Esquema), en esta categoría han quedado 30 respuestas (33%). Son las respuestas que hacen referencia a:

descubrir (9 respuestas); *aumento, ampliación o avance de conocimientos* (8); *descubrir o conocer leyes* (4); *conocer, conocer la realidad, buscar la verdad* (5); *avance o progreso* (3); *revelar fenómenos*.

Una característica de este grupo es la concepción de que el conocimiento aumenta, se acumula (por ejemplo, *aumentar los conocimientos acerca del mundo que nos rodea...*). Incluimos en este grupo las respuestas que manifiestan una posición realista, debido a que consideramos que esta postura es coincidente con la idea de acumulación (por ejemplo: *Conocer la realidad* o *Conocer el universo como un todo y en todos los tiempos*).

También se consideran las respuestas que afirman que el fin es *descubrir* secretos ocultos de la realidad, como, por ejemplo:

Descubrir leyes que rijan el funcionamiento del Universo (si esto sirve para mejorar la vida del hombre, mejor, pero no es éste el verdadero motor de la ciencia). Creo que el conocimiento vale por sí mismo más allá de sus posibles aplicaciones prácticas.

Otra característica que se manifiesta es la visión según la cual la ciencia tiene como fin descifrar enigmas, donde se aprecia una fascinación relacionada con el «descubrir» o revelar:

La investigación y la búsqueda del saber una verdad absoluta totalmente inexistente. O sea llegar a ningún lado, pero es lindo y misterioso.

c) El fin es la búsqueda de explicaciones: Respuestas que expresan que los fines consisten en *explicar* (29 respuestas, 32%):

Explicar (explicar; explicar fenómenos (9); *los porqués; hechos* (4); *el universo; el mundo; la realidad; la naturaleza; cosas de la naturaleza; procesos*). (21)

Entender (entender; entender fenómenos; la naturaleza; los porqués). (4)

Otros (comprender el universo; el funcionamiento; saber cómo funciona todo; buscar los porqués). (4)

Por ejemplo:

Investigar hechos conocidos para tratar de darles una explicación lógica. Contestar preguntas como: *¿cómo ocurre tal cosa? ¿por qué? ¿hay un porqué?* etc.

El estudio de lo que ocurre en el mundo cotidiano, tratando de explicar el porqué de los acontecimientos diarios.

d) El fin es encontrar respuestas: Se consideran aquí a quienes indican que los fines consisten en *encontrar respuestas* (11 respuestas, 12%):

Tabla II
Porcentaje (y número) de respuestas de los alumnos de cada comisión sobre los fines de la ciencia.

Fines de la ciencia	UBA		UNLP taller		UNLP conv.		Total
	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final	
Humanitarios	47% (7)	47% (7)	24% (4)	29% (5)	31% (4)	15% (2)	32% (29)
Aumentar conocimientos	40% (6)	27% (4)	24% (4)	29% (5)	38% (5)	46% (6)	33% (30)
Buscar explicaciones	13% (2)	47% (7)	53% (9)	35% (6)	23% (3)	15% (2)	32% (29)
Encontrar respuestas	7% (1)	7% (1)	18% (3)	12% (2)	15% (2)	15% (2)	12% (11)
Agregan otros aspectos	33% (5)	27% (4)	18% (3)	29% (5)		8% (1)	20% (18)
No categorizables	7% (1)	7% (1)	12% (2)	6% (1)	8% (1)	15% (2)	9% (8)
No sabe	7% (1)						1% (1)
No contesta				6% (1)		15% (2)	3% (3)
Número de estudiantes	15	15	17	17	13	13	90

encontrar respuestas (4); a fenómenos naturales (3); a problemas (2); a problemas de la sociedad; qué son y cómo actúan las cosas en el universo.

Por ejemplo:

Dar respuestas a los fenómenos naturales

Divagar en el universo, intentando descubrir qué es y, por lo tanto, qué son y cómo actúan las cosas que forman parte de él.

Algunos aclaran que el fin no necesariamente tiene que ser alcanzado:

La ciencia tiene como fin buscar respuestas o, mejor dicho, encontrar respuestas a todo, aunque, por supuesto, no siempre lo logra.

e) Otros aspectos: Algunas respuestas contienen varias afirmaciones y, por lo tanto, han sido incluidas en más de una categoría. También pueden contener aspectos que no han sido incluidos en la categorización debido a que son mencionados por un número muy reducido de alumnos. Algunas de éstas son:

Predecir (6); transmitir el conocimiento (2); formular teorías; postular teorías; divulgación; inventar; romper con mitos o leyendas.

En la tabla II se presenta el porcentaje (y el número) de alumnos por comisión que entran en cada categoría.

¿Las teorías científicas cambian?

El segundo aspecto considerado en el cuestionario se refiere a las teorías. Se preguntó: *¿Las teorías científicas cambian? Por favor, explica cómo y por qué cambian (Anexo).* Debido a que la totalidad de los estudiantes de la muestra control ($n = 20$) había contestado que sí a la pregunta *¿Las teorías cambian?*, decidimos incluir el pedido de ampliación en la misma pregunta. Una vez más, se comenzó elaborando categorías con la muestra de 20 alumnos del taller. Al intentar clasificar el total de la muestra, resultó evidente que las categorías no resultaban adecuadas. Luego de varios intentos empleando como criterio de categorización la similitud de contenido de cada respuesta, se inició un nuevo análisis considerando el grado de elaboración epistemológico que presentaban las respuestas y se logró organizarlas en cuatro niveles. Debido a que las respuestas son, en líneas generales, simples y cortas, es necesario aclarar que estos niveles cumplen exclusivamente una función organizativa; no pretendemos con este instrumento referirnos al nivel de los estudiantes, sino solamente a sus respuestas escritas. Las categorías elaboradas son:

Nivel 1: Respuestas incompletas, vagas o demasiado generales. En este nivel hay 11 respuestas (12%). Por ejemplo:

Las teorías científicas cambian como consecuencia de la constante investigación.

Nivel 2: Respuestas que manifiestan una visión de progreso continuo, donde el acopio de datos e información desemboca en el cambio de teorías. Términos como *tecnología* o *descubrimientos* son característicos de este nivel. Son un total de 27 respuestas (30%).

A este grupo pertenecen las respuestas que indican que las teorías cambian debido a *nuevos métodos, conocimientos* o *descubrimientos*:

Cambian a partir de nuevos descubrimientos y tecnologías utilizadas. Cambian para actualizarse.

El cambio de teorías se inicia *al ir encontrándose más información, nuevos conocimientos, nuevos descubrimientos, mejores herramientas para el estudio* o *nuevos métodos de estudio*. O, como afirma un estudiante:

Cambian fundamentalmente debido a la adquisición de nuevos datos, o bien datos ignorados (descartados) con anterioridad ahora corregidos. Puede variar también la forma de ver las cosas; y ayuda a toda esta evolución, el avance de la tecnología para poder captar cosas intangibles sin esto.

Esta respuesta presenta una elaboración mayor al señalar que los datos pueden estar presentes y ser ignorados. Pero el rol asignado a la tecnología es una característica típica de este nivel.

Otros estudiantes indican que el cambio *depende de cada teoría*. Las teorías pueden *variar, volver atrás, modificarse, ampliarse o cambiar totalmente*. Otras respuestas fueron incluidas en este nivel por su elaboración epistemológica y no por su contenido.

Nivel 3: Respuestas que consideran que las teorías se *reemplazan* o son *corregidas* evidenciando una visión simplificada sobre el tema. No hay referencias al cambio de teorías como un proceso, sino como una simple sustitución sin considerar posibles conflictos o controversias. En algunos casos se aprecia una visión que parece ser producto de la vivencia escolar. Términos como *refutación* o *contradicción* caracterizan a este nivel, en el que hay 30 respuestas (33%). Presentamos tres ejemplos característicos:

Cambian cuando ocurren hechos que no pueden ser explicados por dichas teorías, entonces es necesario hacer otra teoría para poder explicarlos.

Cuando aparece una nueva teoría que demuestra explicar mejor, o en forma más amplia, aquellos fenómenos que pretendía explicar la primera.

Las teorías no cambian, sino que son reemplazadas por otras teorías (en caso de que se demuestre que la teoría anterior ya no sirve más).

No nos ha resultado sencillo caracterizar las respuestas de este nivel. En uno de los intentos de ordenar y buscar una lógica en las respuestas surgió un ordenamiento que pudo ser aplicado a casi todas las respuestas, en el que se aprecia que transmiten ideas similares.

Nivel 3a: ¿Cuándo se produce el cambio?

3a.1: Cuando las teorías fallan (16 respuestas)

ocurren aparecen se encuentran se descubre se descubre se descubre se descubren se encuentran debido a	hechos nuevos sucesos nuevos hechos un hecho una situación algo nuevos datos hechos hipótesis	que no pueden ser explicados por que no encajan en que se contradicen con que la contradiga que escapa a opuesto a que hacen que no sea universal que afirman o niegan la validez de que se comprueban	dichas teorías la teoría imperante la teoría la teoría [lo que se cree] la teoría esa teoría
se descubre [las teorías] [las teorías] [las teorías] los principios en que se basan se demuestra se demuestra se demuestra a medida que a medida que se demuestra se demuestra	un error que eran erradas que no reflejan se refutan se encuentran respuestas más algo contrario que ya no sirve más ya no sirve	su falencia dejan de resolver fallan no son precisas no encuentran solución en la teoría (refutación) la realidad adecuadas (que expliquen mejor el fenómeno) a teoría la teoría anterior [la teoría]	todas las incógnitas en algún problema ante un problema

3a.2: Cuando aparece otra teoría: (7 respuestas)

hay surge elaboración a medida que se encuentran	otra otra teoría otra teoría de nuevas teorías respuestas	que resuelve mejor la refuta que la pueda reemplazar que puedan ser probadas con experimentos más adecuadas (que expliquen mejor el fenómeno)	las incógnitas
---	---	---	----------------

Nivel 3b: ¿Cómo cambian las teorías?

3b.1: Se «hace» otra (8 respuestas)

tiene que crearse es necesario hacer se formula se buscan tenga que crearse se cambian se produce son reemplazadas desplaza cuando se puede demostrar experimentalmente	una nueva [teoría] otra teoría otra teoría otras [teorías] nuevas una excepción otra nueva por otras un cambio por otras teorías a las viejas teorías [las hipótesis que se comprueban]	que incluya los nuevos datos descubiertos para poder explicar [los hechos que no podían ser explicados] a la teoría que incluya los nuevos datos descubiertos que tienen bases más sólidas o se lo toma como una excepción a la regla se formula la ley
--	--	---

3b.2: Es «refutada» por otra teoría (4 respuestas)

otra teoría la refuta se refutan se refuta están expuestas a refutación pueden refutarse	y esta última demuestra ser universal y verdadera [para anular una excepción] [luego de varias hipótesis] acorde con la experimentación y comprobaciones debido a nuevas investigaciones o descubrimientos
--	--

3b.3: La teoría se «corrige» (4 respuestas)

pueden corregirse pueden modificarse debe reformularse se reformula	para que reflejen la realidad debido a nuevas investigaciones o descubrimientos si se descubre su falencia, un hecho que la contradiga cuando se descubre algo opuesto
--	---

se la modifica para que la abarque (o se descarta la teoría)
puede modificarse debido a nuevas investigaciones o descubrimientos
se renuevan
se reelaboran
es difícil que cambien completamente, la mayoría de las veces lo hacen parcialmente

Nótese que en cada grupo es posible «armar» nuevas respuestas cruzándose de línea sin que cambie sustancialmente el contenido de la oración.

Nivel 4: Son las respuestas que presentan mayor elaboración epistemológica respecto a la concepción de la teoría. En las 10 respuestas (11%) encontramos:

- 5 expresan que las teorías deben tener relación con los hechos (por ejemplo: *nuevas teorías que se ajustan más a la realidad*).
- 5 consideran la participación de la comunidad científica, el rol de los paradigmas y las revoluciones científicas (*logran representatividad en la comunidad científica*).
- 3 se refieren a *nuevas interpretaciones de los hechos observados*.
- 2 dan información sobre las teorías que están basadas en postulados o hipótesis.
- 1 hace referencia al criterio de sencillez.

Por ejemplo:

Sí cambian, dado que están basadas en hipótesis comprobables según las cosas que conocemos, e ignoramos muchas que no. Y continuamente se van encontrando nuevas cosas que validan más o rechazan y cambian las teorías.

Otras respuestas

6 respuestas no fueron categorizadas en niveles. Tienen características comunes que también aparecen en otras respuestas, pertenecen a una categoría surgida en el primer análisis efectuado, el «relativismo». En este grupo se distinguen dos posturas diferenciadas. Por un lado, en 8 respuestas se manifiesta que no existen las verdades absolutas y que por ese motivo las teorías están sujetas a cambios. Por ejemplo:

Todo es relativo. El conocimiento no es supremo. Todo lo que no es supremo está sujeto a errores. La ciencia es invento de seres no supremos (nosotros).

Otros 4 estudiantes evidencian un «relativismo individual»:

Sí. Porque cada uno tiene su propia verdad (su perspectiva) y este enfoque le permite formular lo que realmente desea creer.

Se manifiesta aquí una postura extrema que niega la posibilidad de conocer.

Finalmente no hay alumnos que expresen no comprender la pregunta. En la tabla III se presenta el número de respuestas a la pregunta *¿Las teorías científicas cambian? Por favor, explicá cómo y por qué cambian*, ordenadas por nivel. En la última fila se indica el número de estudiantes que respondieron. La suma de cada co-

lumna no completa el total indicado debajo debido a que para facilitar la lectura de la tabla no se han incluido los resultados correspondientes a la categoría «Otras respuestas».

CONCLUSIONES

De la revisión bibliográfica se desprende que alumnos y profesores distan de contar con una visión de la ciencia que se aproxime tanto a la de los científicos como a la de los epistemólogos. La falta de coincidencia entre los resultados obtenidos por diferentes autores parece estar relacionada con la metodología empleada y con la perspectiva adoptada.

En nuestro estudio, los estudiantes expresan que la ciencia tiene por fines aspectos humanitarios y aspectos relacionados con el conocimiento. Estos últimos están expresados mediante una visión acumulativa de la ciencia, que explica o busca respuestas. Estos resultados coinciden con los obtenidos por Aikenhead y otros (1987). Según este trabajo, los estudiantes de secundaria canadienses también señalan como propósitos de la ciencia la manufactura de artefactos que aumenten el bienestar de la humanidad y la elaboración de explicaciones de algún tipo. En cambio, nuestros estudiantes no manifiestan que el desarrollo tecnológico es uno de los factores que conlleva una mejor calidad de vida, sino que

Tabla III

Porcentaje (y número) de respuestas de los alumnos de cada comisión sobre cómo y por qué cambian las teorías científicas.

¿Las teorías científicas cambian?	UBA		UNLP taller		UNLP conv.	
	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final
Nivel 1	7% (1)	13% (2)	29% (5)	6% (1)	8% (1)	8% (1)
Nivel 2	13% (2)	20% (3)	29% (5)	35% (6)	31% (4)	54% (7)
Nivel 3	47% (7)	47% (7)	18% (3)	41% (7)	31% (4)	15% (2)
Nivel 4	27% (4)	20% (3)	6% (1)		8% (1)	8% (1)
No contesta			6% (1)	12% (2)	8% (1)	8% (1)
No sabe						8% (1)
Número de estudiantes	15	15	17	17	13	13

la contribución de la ciencia en este aspecto se daría a través del cuidado del medio ambiente. Esta visión se manifiesta en respuestas que tienen en consideración *la humanidad y su entorno* o que explicitan que el fin es *mejorar la vida de todos los seres vivos*.

Es necesario destacar que se trata de estudiantes universitarios de las carreras de biología y geología. En estudios realizados entre 1993 y 1996 con alumnos ingresantes a la Facultad de Ciencias Naturales y Museo de la UNLP, la preocupación por cuestiones ambientales fue uno de los aspectos más nombrados entre los motivos por los cuales eligieron su carrera. Este resultado es una pauta de que la muestra está compuesta por un grupo de estudiantes cuyas características deben ser tenidas en cuenta en caso de pretender efectuar comparaciones con otras poblaciones.

Las escasas dificultades al establecer las categorías y aplicarlas a nuevas muestras indicarían que son una base sólida para hacer comparaciones entre muestras iniciales y finales y entre los distintos cursos. Pero en ninguna de las categorías se observan aumentos o disminuciones marcados en el número de respuestas, no sólo al considerar la muestra en su conjunto sino también para cada curso. ¿Significa esta similitud que los estudiantes mantienen sus ideas a lo largo del año? Comparando las respuestas iniciales y finales de un mismo estudiante, encontramos que 12 contestan de modo similar, 13 contestan diferente y en 20 casos la discriminación no es tan evidente (téngase en cuenta que se trata de respuestas abiertas). En síntesis, no se han manifestado patrones de cambio. Cuando un sujeto se encuentra ante una pregunta, le caben dos posibilidades: recurre a un conocimiento que ya posee o genera una respuesta en el momento. Estos resultados nos llevan a pensar que un alto porcentaje de estudiantes ha generado su respuesta mientras respondía al cuestionario. Podríamos hipotetizar que este tipo de conocimiento no tiene un rol importante en su organización conceptual, pudiendo considerarse que no son anclajes (Moreira, 1995). Cabe aclarar que una de nuestras expectativas era justamente investigar si alguna vez los alumnos se habían planteado o se habían encon-

trado ante preguntas de esta índole, considerando como muy probable que no fuera así. En base a estos resultados, comenzamos a especular que las ideas en cuestión no son «persistentes» (al estilo de las ideas previas) pero tampoco son modificadas al cursar Física General.

Un considerable número de alumnos (más del 30%) incluyó la búsqueda de explicaciones como un fin de la ciencia, mientras que la predicción fue considerada por menos del 7% (sólo alumnos de la UBA, 4 al inicio y 2 al final). En epistemología, la explicación y la predicción generalmente van juntas, cobrando especial importancia la predicción en el terreno de la ciencia aplicada y el desarrollo tecnológico. Mientras que en contextos educativos las tareas no les son presentadas a los alumnos como asociadas a predicciones, en los ejercicios de lápiz y papel se pierden de vista y, si bien juegan un rol central en los trabajos de laboratorio, éstos no suelen ocupar un lugar relevante en los cursos.

Con relación a los *cambios de teorías*, en primer lugar podemos apreciar que alrededor de un 30% (nivel 2 y 3) lo expresan como un hecho puntual. Menos del 10% (nivel 4) manifiesta una visión compleja, donde se halla involucrado un proceso. Si bien en términos generales las respuestas muestran una limitada capacidad de expresión por parte de los alumnos, en este análisis también podemos pensar que los aspectos relevados no juegan un papel importante en la organización conceptual de los estudiantes. Nos parece importante resaltar que hemos confirmado nuestra expectativa respecto a que un solo curso, anual o semestral, no modifica o no hace madurar las concepciones referidas a cuestiones generales de la epistemología como las aquí tratadas.

NOTAS

- ¹ Por filosofía de la ciencia contemporánea los autores se refieren a las ideas actuales de los especialistas.
- ² Si bien los autores no explicitan el significado que le atribuyen a la inconmensurabilidad, el contexto en que es utilizado permite interpretar que se refieren a que los estudiantes asumen una posición ecléctica

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AIKENHEAD, G.S., FLEMING, R.W. y RYAN, A.G. (1987). High School graduates' beliefs about science-technology-society. 1: Methods and issues on monitoring student views. *Science Education*, 71(2), pp. 145-161.
- AMERICAN ASSOCIATION FOR THE ADVANCEMENT OF SCIENCE. (1989). *Project 2061: Science for all Americans*. Washington, DC: Author.
- BELENKY, M.F., CLINCHY, B.M., GOLDBERGER, N.R. y TARULE, J.M. (1986). *Women's ways of knowing*. Nueva York: Basic Books.
- BOLETÍN OFICIAL DE LA JUNTA DE ANDALUCÍA (BOJA). (1992). *Anexo II. Currículo de la Educación Secundaria Obligatoria*, 56, pp. 4126. Sevilla.
- BOLETÍN OFICIAL DEL ESTADO. (1992). *Currículo del bachillerato*, pp. 94. Madrid.
- BRICKHOUSE, N.W. (1989). The teaching of the philosophy of science in secondary classrooms: case study of teachers' personal theories. *International Journal of Science Education*, 11(4), pp. 437-449.
- BRICKHOUSE, N.W. (1990). Teachers' Beliefs about the Nature of Science and their Relationship to Classroom Practice. *Journal of Teacher Education*, 41(3), pp. 44-52.
- CAPACITACIÓN DOCENTE. (1995). *Módulo 4*. pp. 21-22. Buenos Aires.
- COBB, P., WOOD, T. y YACHEL, E. (1991). Analogies from the Philosophy and Sociology of Science for Understanding Classroom Life. *Science Education*, 75(1), pp. 23-44.
- COLINVAUX, D. (1992). «Study of 'Change' notion. Chapter V: A Method of Study». Tesis doctoral. Universidad de Surrey. Inglaterra.
- CORDERO, S., PETRUCCI, D. y DUMRAUF, A. (1996). Enseñanza universitaria de física: ¿En un taller? *Revista de Enseñanza de la Física*, 9(1), pp. 14-22. Córdoba. Argentina.
- DRIVER, R., LEACH, J., MILLAR, R. y SCOTT, P. (1996). *Young People's Images of Science*. Londres: Open University Press.
- DUIT, R. (1993). *Research on students' conceptions - developments and trends*. Third International Seminar on Misconceptions and Educational Strategies in Science and Mathematics. Cornell University. Ithaca. EEUU.
- DUSCHL, R. y WRIGHT, T. (1989). A case study of high school teachers' decision making models for planning and teaching science. *Journal of Research in Science Teaching*, 26(6), pp. 467-501.
- ERICKSON, B.H. y NOSANCHUK, T.A. (1977). *Understanding Data*. Londres: Open University Press.
- GLASSER, B. y STRAUSS, A. (1968) *The Discovery of Grounded Theory: Strategies for Qualitative Research*. Londres: Weidenfeld & Nicholson.
- INHELDER, B. y PIAGET, J. (1985) (primera edición en francés, 1955). *De la lógica del niño a la lógica del adolescente*. Barcelona: Paidós.
- KOULADIS, V. y OGBORN, J. (1989). Philosophy of science: an empirical study of teachers' views. *International Journal of Science Education*, 11(2), pp. 173-184.
- LAROCHELLE, M. y DÉSAUTELS, J. (1991). «Of course, it's just obvious»: Adolescents' ideas of scientific knowledge. *International Journal of Science Education*, 13(4), pp. 373-389.
- LEDERMAN, N.G. (1992). Students' and Teachers' Conceptions of the Nature of Science: A Review of the Research. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(4), pp. 331-359.
- LEDERMAN, N.G. y ZEIDLER, D.L. (1987). Science teachers' conceptions of the nature of science: Do they really influence teacher behavior? *Science Education*, 71(5), pp. 721-734.
- LUDKE, M. y ANDRE, J. (1987). *Pesquisas em Educação: Abordagens Qualitativas. Cap. 3. Métodos de coleta de dados: Observação, entrevista e análise documental*. São Paulo: EPU.
- MOREIRA, M.A. (1993). *Uma abordagem cognitivista ao ensino da Física: a teoria de aprendizagem de David Ausubel como sistema de referência para a organização do ensino de ciências*, pp. 189. Porto Alegre: Editora da Universidade.
- NATIONAL SCIENCE TEACHERS ASSOCIATION (1982). *Science-technology-society: Science education of the 1980's*. Washington, DC: Author.
- NATIONAL SOCIETY FOR THE STUDY OF EDUCATION (1960). *Rethinking science education (59th Yearbook, Part I)*. Chicago: University of Chicago Press.
- ROTH, W.M. y ROYCHOUDHURY, A. (1994). Physics Students' Epistemologies and Views about Knowing and Learning. *Journal of Research in Science Teaching*, 31(1), pp. 5-33.
- SMITH, J.K. y HESHUSIUS, L. (1986). Closing down the conversation: the end of the quantitative-qualitative debate. *Educational Researcher*, 15(1), pp. 4-12.
- SPRADLEY, J.P. (1979). *The ethnographic interview*. Nueva York: Holt, Pinehart and Winston.
- THIOLLENT, M. (1982). *Crítica Metodológica, Investigaçao Social e Enquete Operária. Cap III. O processo de Entrevista*. São Paulo: Polis.
- WILSON, L. (1954). A study of opinions related to the nature of science and its purpose in society. *Science Education*, 38(2), pp. 159-164.

[Artículo recibido en diciembre de 1998 y aceptado en enero de 2001.]

INVESTIGACIÓN DIDÁCTICA

c 2)

Un conocimiento se supone válido hasta que se demuestra lo contrario.

Un conocimiento es verdadero o falso, independientemente de lo que en un momento supongan los científicos.

c 3)

Las leyes de Newton son verdaderas dentro de ciertos límites.

Las leyes de Newton son falsas pero útiles para resolver ciertos problemas.

5) *Respecto al calor*

a) ¿Qué sabes sobre el calor?

b) Ese saber (el de la respuesta anterior), ¿de dónde lo obtuviste (¿cuál es la fuente de ese conocimiento)? Marca con una cruz el o los ítems que correspondan:

Lo sé de la vida cotidiana.

Me lo dijeron en alguna materia o en el secundario.

Me lo dijo mi papá.

Lo leí (aclarará dónde).

Lo vi en la TV (aclarará en qué programa o tipo de programa).

Otro (aclarará cuál).

c) ¿El calor existe?

d) ¿Cómo se mide?

e) ¿Para qué te sirve saber qué es el calor?

f) ¿Cómo caracterizarías tu conocimiento sobre el tema?

Es una opinión.

Es una creencia.

Es lo que dice la ciencia.

Es un saber popular.

Es la verdad.

Es así.

Otro (aclarará cuál).

6) *Para terminar:*

a) ¿Qué te llevó a estudiar tu carrera?

b) ¿Cómo aparece una nueva teoría?