

# Concepciones epistemológicas sustentadas por estudiantes secundarios de Física

Verónica Guridi

Julia Salinas

## Introducción. Presentación del problema y de los objetivos del trabajo

En el campo de la investigación educativa en ciencias en que este trabajo está inserto, el término *concepciones epistemológicas* se utiliza para hacer referencia a las ideas sobre la ciencia y el conocimiento científico.

En general los aspectos metacientíficos suelen recibir escasa atención en los planes de estudio de ciencias fácticas a nivel secundario, pero en el área de la investigación educativa en ciencias se presta atención desde la década del setenta a las concepciones epistemológicas de los estudiantes (Hodson 1993).

Distintos estudios revelan que al cabo de la enseñanza de las ciencias fácticas los alumnos no alcanzan una correcta comprensión de la naturaleza de la ciencia (Lederman 1992; Vázquez y Manassero 1999). Conclusión preocupante, puesto que el saber científico tiene características distintivas (que lo diferencian del saber elaborado espontáneamente en la interacción con el mundo natural y social) y por lo tanto parece razonable conjeturar que una adecuada comprensión de los conocimientos científicos requiere de una adecuada comprensión de las concepciones epistemológicas que actúan como moldes en el proceso de su elaboración y validación (Gil 1993; Salinas, Gil y Cudmani 1995). En efecto, diversos autores sostienen que el modo en que se aprenden las ciencias fácticas está moldeado por (y moldea) las concepciones epistemológicas de los alumnos (Ryan y Aikenhead 1992).

Ahora bien, ¿qué aspectos de las concepciones epistemológicas de los estudiantes deben ser relevados para controlar su adecuación o inadecuación a la naturaleza de las ciencias fácticas y del conocimiento científico fáctico? Un análisis de los trabajos publicados muestra que la mayoría de ellos limita las indagaciones, típicamente, a un control de la presencia de visiones realistas ingenuas, empiristas y falsacionistas ingenuas en las concepciones de los estudiantes.

Sin dudas, el control de la incidencia de estas orientaciones entre los alumnos está ampliamente justificado por la importancia crucial de los interrogantes que ellas responden: ¿Qué nos dicen las ciencias fácticas sobre el mundo real? ¿Cómo se relacionan la observación y los experimentos con las teorías científicas fácticas? ¿Cómo cambian las teorías científicas fácticas? Las dimensiones teoría-método-racionalidad están, indudablemente, entre las que vertebran la caracterización de cada modelo de ciencia y conocimiento científicos fácticos (Izquierdo 1996).

Pero hay otras dimensiones, también centrales para una adecuada comprensión

epistemológica de las ciencias fácticas, que quedan sin ser contempladas en estos estudios. Algunas han sido mencionadas en trabajos que hacen referencia a las concepciones epistemológicas de los docentes (Salinas y Cudmani 1994; Salinas, Cudmani y Jaén 1995; Gil 1993) y al modo en que se enseñan las ciencias fácticas (Duschl 1997). Por ejemplo, el carácter esencialmente no rígido de las metodologías científicas, la generalidad, economía, falibilidad (y por ende, perfectibilidad) del conocimiento científico, el carácter colectivo de la construcción del saber científico, etc.

Parece, por lo tanto, conveniente caracterizar las concepciones epistemológicas de los estudiantes mediante más dimensiones. En este trabajo informamos sobre las estrategias desarrolladas en pos de ese objetivo y sobre los resultados obtenidos. Cabe señalar que recogemos aquí parte de una investigación más amplia, presentada en otros trabajos (Guridi y Salinas 1999a y 1999b; Salinas y Guridi 1999).

### Muestras

Se indagaron las concepciones epistemológicas de 43 estudiantes de escuelas medias de la provincia de Buenos Aires, a posteriori de la enseñanza de la Mecánica Newtoniana (leyes del movimiento y de gravitación); 24 asistían a un bachillerato con orientación técnica de una escuela pública (turno tarde) y 19 a un bachillerato con orientación contable de una escuela privada sin subvención estatal (doble escolaridad).

### Dimensiones relevadas

No es sencillo especificar qué es lo que caracteriza a las ciencias fácticas. Más aún, la reflexión puede realizarse desde diferentes perspectivas (filosófica, histórica, educativa, ...), con diferentes objetivos y profundidades. Cuando la meta es, como en este caso, esclarecer la visión epistemológica asociada a la enseñanza a nivel secundario de la Física Clásica, es posible recortar el campo y la profundidad del debate y dejar afuera aspectos que, aunque interesantes, son propios de especialistas o pertinentes a otros contextos u objetivos (Gil et al. 1999; Smith y Scharman 1999).

En el campo de la investigación educativa en ciencias fácticas, diferentes autores destacan la existencia de un consenso alrededor de aspectos básicos relativos a la naturaleza de las ciencias y los conocimientos científicos fácticos (Gil 1983; Duschl 1988; Gil et al. 1991; Hodson 1992 y 1993; Izquierdo 1996; McComas et al. 1998; Salinas 1999). En consecuencia, las dimensiones epistemológicas controladas fueron:

- Tipo de **realismo** atribuido al conocimiento científico.
- Concepciones sobre «cómo se hacen» las ciencias fácticas (**metodología**).

Esta dimensión contempló el proceso mediante el cual se generan, validan y cambian las teorías en la física clásica y englobó las siguientes sub-dimensiones:

\* Función atribuida a la experimentación científica

\* Vínculo atribuido al conocimiento científico con la percepción sensible

\* Criterios atribuidos a la comunidad científica para el cambio de teoría

- \* Tipo de método/s atribuido/s a la labor científica
- Características atribuidas al **conocimiento** científico.

Esta dimensión englobó las siguientes tres sub-dimensiones:

- \* Transferibilidad atribuida al conocimiento científico
- \* Perfectibilidad atribuida al conocimiento científico
- \* Colectivismo atribuido al conocimiento científico

## **Instrumentos**

Para recoger información empírica sobre las concepciones epistemológicas de los estudiantes se diseñó una encuesta. Se tomó como referencia la encuesta desarrollada por Halloun y Hestenes (1998), en la que se introdujeron cambios explicados en otro trabajo (Guridi y Salinas 1999a). Para limitar la contaminación en las respuestas de los estudiantes se elaboraron dos versiones, con los mismos ítems en diferente orden. En el Apéndice se presenta una de las versiones.

Se graduó la valuación de las respuestas de los estudiantes mediante una escala numérica decreciente de valores enteros. A la opción adecuada científicamente se le asignó el valor 2, decreciendo en la escala hasta aquella inadecuada desde el punto de vista científico, a la cual se le asignó el valor -2.

## **Categorías de respuestas**

Agrupando los puntajes asignados a los ítems relacionados con cada dimensión relevada, se establecieron escalas numéricas correspondientes a las siguientes categorías para las respuestas de los estudiantes:

- **Realismo:**
  - \* Realismo científico, Realismo ingenuo, Visiones mixtas, según el grado en que se adhiera a la idea que expresa que el conocimiento científico fáctico no es una copia exacta de la realidad.
- **Metodología:**
  - \* Visión científica, Visión reduccionista, Visión no científica, según que se adhiera, respectivamente, a las ideas que expresan que en las ciencias fácticas la experimentación desempeña un papel doble (generación y control de hipótesis), un papel simple (control de hipótesis) o ningún papel.
  - \* Visión científica, Visión empirista, Visiones mixtas, según el grado en que se adhiera a la idea que expresa que el conocimiento científico no se basa en la experiencia sensible.
  - \* Visión científica, Visión falsacionista ingenua, Visiones mixtas, según el grado en que se adhiera a la idea que expresa que los enunciados singulares solos son incapaces de decidir la falsación de un enunciado universal.
  - \* Visión científica, Visión rígida, Visiones mixtas, según el grado en que se adhie-

ra a la idea que expresa que en ciencia se utilizan metodologías alternativas, dependientes del problema y del dominio investigado (rechazo a un Método Científico único).

• **Conocimiento:**

- \* Visión científica, Visión compartimentalizada, Visiones mixtas, según el grado en que se adhiera a la idea que expresa que los científicos que estudian fenómenos fácticos clasificados en diferentes ámbitos comparten la utilización de algunas leyes.
- \* Visión científica, Visión definitiva, Visiones mixtas, según el grado en que se adhiera a la idea que expresa que el conocimiento científico es provisorio, perfectible.
- \* Visión científica, Visión individualista, Visiones mixtas, según el grado en que se adhiera a la idea que expresa que la ciencia es un producto social, colectivo.

**RESULTADOS**

**Realismo (N = 43)**

Categoría correspondiente a las respuestas	n	%
Realismo científico (RC)	9	21
Realismo ingenuo (RI)	23	53
Visiones mixtas (VM)	11	26

**Metodología (N = 43)**

Categoría correspondiente a las respuestas	n	%	
Experimentación:	Visión científica (VC)	2	5
	Visión reduccionista (VR)	26	60
	Visión no científica (NC)	6	14
	No responde / Confuso	9	21
Percepción sensible:	Visión científica (VC)	5	12
	Visión empirista (VE)	20	46
	Visión mixta (VM)	18	42
Cambio de teoría:	Visión científica (VC)	11	26
	Visión falsacionista ingenua (FI)	20	46
	Visión mixta (VM)	12	28
Método:	Visión científica (VC)	23	54
	Visión rígida (VR)	6	14
	Visión mixta (VM)	13	30
	No responde / Confuso	1	2

**Conocimiento (N = 43)**

Categoría correspondiente a las respuestas		n	%
Transferibilidad:	Visión científica (VCi)	22	51
	Visión compartimentalizada (VCo)	4	9
	Visión mixta (VM)	17	40
Perfectibilidad: Visión científica (VC)	Visión científica (VC)	27	62
	Visión definitiva (VD)	11	26
	Visión mixta (VM)	5	12
Colectividad:	Visión científica (VC)	26	60
	Visión individualista (VI)	11	26
	Visión mixta (VM)	6	14

Más del 50 % de las respuestas es compatible con una visión realista ingenua de la relación entre el conocimiento científico fáctico y el mundo material, casi el 75 % con visiones reduccionistas o no científicas del papel que desempeña la experimentación en las ciencias fácticas, casi el 50 % con visiones empiristas del vínculo entre percepción sensible y teoría científica fáctica. También se acerca al 50 % el porcentaje coherente con visiones falsacionistas ingenuas acerca de la capacidad de enunciados singulares para decidir sobre la falsedad de enunciados científicos generales.

Por otro lado, más del 50 % de las respuestas responde a visiones compatibles con las científicas acerca del método científico y la transferibilidad del conocimiento científico. Más del 60 % se inclina por visiones compatibles con las científicas acerca de la perfectibilidad y el carácter colectivo del conocimiento científico.

La elaboración de un cuadro de cruce permite conocer cuántas respuestas de los estudiantes adhieren a cada intersección posible entre las dimensiones y sub-dimensiones relevadas. En las tablas que siguen se muestran los porcentajes de respuestas correspondientes a las intersecciones de las categorías extremas:

**Metodología**

	Experimentación		Percep. sensible		Cambio de teoría	
	VC	VR	VC	VE	VC	FI
Realismo: RC	0		5 %		9 %	
RI		35 %		23 %		23 %

**Metodología**

Metodología		Percep. sensible		Cambio de teoría	
		VC	VE	VC	FI
Experimentación:	VC	0		0	
	VR		33 %		26 %

**Metodología**

Metodología		Cambio de teoría	
		VC	FI
Percepción sensible:	VC	2 %	
	VE		23 %

Los tres cuadros precedentes muestran que las sub-dimensiones *realismo ingenuo / reduccionismo / empirismo / falsacionismo ingenuo* (que representan visiones epistemológicas inadecuadas de la Física Clásica) aparecen asociadas entre sí en las respuestas de los estudiantes.

**Conocimiento**

Metodología		Transferibilidad		Perfectibilidad		Colectivismo	
		VCi	VCo	VC	VD	VC	VI
Método:	VC	26 %		37 %		37 %	
	VR		0		9 %		5 %

**Conocimiento**

Conocimiento		Perfectibilidad		Colectivismo	
		VC	VD	VC	VI
Transferibilidad:	VC	33 %		28 %	
	VD		2 %		5 %

**Conocimiento**

Conocimiento		Colectivismo	
		VC	VI
Perfectibilidad:	VC	40 %	
	VD		9 %

Los tres cuadros precedentes muestran que las sub-dimensiones *metodologías flexibles / transferibilidad / perfectibilidad / colectivismo* (que representan visiones epistemológicas adecuadas de la Física Clásica) aparecen asociadas entre sí en las respuestas de los estudiantes.

**Conclusiones**

El elevado porcentaje de respuestas coherentes con visiones realistas ingenuas, reduccionistas, empiristas y falsacionistas ingenuas brindadas por los estudiantes es compatible con evidencia empírica reportada por otros investigadores (Hodson 1985; Evans y Schibeci 1991; Gil 1993; Halloun y Hestenes 1998; Tsai 1998).

Al considerar el desempeño de los estudiantes no debe perderse de vista el hecho de que la superación de estas visiones *en el propio campo de la Epistemología de las Ciencias Fáticas* requirió de un profundo, prolongado y relativamente reciente debate. En efecto, fue recién en las pasadas décadas de los 50 y los 60 que se extendieron y cimentaron las críticas a las tesis del positivismo y el reconstruccionismo lógicos, fuertemente arraigadas hasta entonces entre epistemólogos y científicos (Losee 1987).

El nexo entre entidades científicas teóricas y referentes del mundo natural, la incidencia de la experimentación científica en los contextos de génesis y de justificación del conocimiento, las relaciones entre los niveles teórico y observacional, el rol de los casos en la confirmación y refutación de las hipótesis científicas fáticas, son todos aspectos que han suscitado (y suscitan) reflexión y debate de epistemólogos y científicos.

El reconocimiento de esta complejidad no debe ir acompañado de una actitud escéptica frente a la posibilidad de que la enseñanza a nivel secundario favorezca que los estudiantes adquieran una imagen correcta de la ciencia y el conocimiento científico. En la actualidad se puede hablar de la existencia de un consenso en el área de la educación científica sobre aspectos tales como el realismo científico (las ciencias fáticas dicen algo aproximadamente cierto sobre el mundo), el rigor, racionalidad, sistematicidad y generalidad del conocimiento científico, la verificación empírica de las hipótesis fáticas como criterio de verdad, el modelado como estrategia de aproximación a los complejos fenómenos del mundo natural, la complementariedad de análisis y síntesis en los tratamientos, la dependencia de los informes observacionales con respecto a la teoría, el reconocimiento de un dinamismo metodológico y conceptual permanente, etc. Aspectos, todos, cuya comprensión difícilmente se dará por añadidura y cuya consideración explícita debe ser funcionalmente incorporada a las clases de ciencia.

Por otra parte, el elevado porcentaje de respuestas próximas a las científicas en cuestiones relacionadas con la inexistencia de un método científico único y estereotipado y la transferibilidad, perfectibilidad y colectividad del conocimiento científico, saca a la luz la presencia de orientaciones epistemológicas más correctas que las habitualmente atribuidas a los alumnos. En particular, compatibles con una visión no elitista, ni ajena, ni dogmática de la ciencia, a la que reconocen abierta a la creatividad innovadora (no rígida metodológicamente), aplicable en contextos diversos (transferible), provisional y falible (perfectible), resultado de los intercambios y la cooperación (fruto de una tarea colectiva).

La multiplicación de estudios que incorporen nuevas dimensiones a las habitualmente relevadas en las investigaciones sobre las «epistemologías de los estudiantes» se abre como un camino interesante y necesario para la elaboración de marcos interpretativos más pertinentes y por tanto más eficientes para orientar propuestas superadoras en el ámbito de la educación en ciencias fáticas.

## Bibliografías

- Duschl R.A. *Renovar la Enseñanza de las Ciencias*. Madrid: Narcea, 1997.
- Duschl, R.A. *Enseñanza de las Ciencias*. 1998, 16(1), págs. 3-20
- Evans, M. y Schibeci, R. *The Australian Sci. Teachers Journal*, 1991, 37(4), págs. 69-71.
- Gil, D., *Enseñanza de las Ciencias*, 1983, 1(1), págs. 26-33
- Gil, D. *Enseñanza de las Ciencias*. 1993, 11(2), págs. 197-212
- Gil D., Carrascosa, J., Furió, C. y Martínez, J. *La Enseñanza de las ciencias en la educación secundaria*. Madrid: Ed. ICE/Horsori, 1991.
- Gil, D., Carrascosa, J., Dumas-Carré, A., Furió, C., Gallego, R., Gené, A., González, E., Guisasola, J., Martínez, J., Pessoa, A.M., Salinas, J., Tricárico, H. y Valdés, P., *Enseñanza de las Ciencias*, 1999, 17(3), págs. 503-512
- Guridi, V. y Salinas J. *Memorias de la Décimo Primera Reunión Nacional de Educación en la Física*. Mendoza, Argentina, 1999 a, págs. 125-134
- Guridi, V. y Salinas, J. enviado a publicar en *Enseñanza de las Ciencias*, 1999b.
- Halloun, I. y Hestenes, D., *Science & Education*, 1998, 7 (5).
- Hodson, D. *Studies in Science Education*, 1985, 12, págs. 25-57
- Hodson, D. *Science and Education*, 1(2), 1992, págs. 115-144
- Hodson, D., 1993, *Interchange*, 24(1-2), 1993, págs. 41-52
- Izquierdo, M. *Alambique*, 1996, 8, págs. 7-21
- Lederman, N. G. *Journal of Research in Science Teaching*, 29, 1992, págs. 331-359
- Losee, J. *Introducción histórica a la filosofía de la ciencia*. Madrid: Alianza Ed., 1987.
- McComas, W.F., Almazroa, H. y Clough, M.P. *Sci. & Education*, 7, 1998, págs. 511-532
- Ryan, A. G. y Alkenhead, G. S. *Science Education*, 76, 1992, págs. 559-580
- Salinas, J. *Memorias de la Décimo Primera Reunión Nacional de Educación en la Física*. Mendoza, Argentina, 1999, págs. 358-365
- Salinas, J. y Cudmani, L. *Revista de Enseñanza de la Física*, 7 (1) , 1994, págs. 25-32
- Salinas, J., Cudmani, L. y Jaen, M. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 17 (1), 1995, págs. 55-61
- Salinas, J., Gil, D. y Cudmani, L. *Memorias de la Novena Reunión Nacional de Educación en la Física*. Salta, Argentina, 1995, págs. 336-349
- Salinas, J. y Guridi, V. *Memorias de la Décimo Primera Reunión Nacional de Educación en la Física*. Mendoza, Argentina, 1999, págs. 110-124
- Smith, M.U. y Scharman, L.C. *Science Education*, 83, 1999, págs. 493-509
- Tsai, C. *Science Education*, 82 (4), 1998, págs. 473-489
- Vázquez Alonso, A. y Manassero Mas, M. A. *Enseñanza de las Ciencias*, 17(3), 1999, págs. 377-395

**APENDICE:****Enunciado de una Encuesta**

(en la versión presentada a los estudiantes, en cada apartado aparecían las cinco opciones de respuesta y el espacio para la justificación)

Nombre y apellido:.....

**Aclaraciones previas:**

Esto no es una evaluación. Estamos desarrollando en la Universidad un programa de investigación con la intención de mejorar el aprendizaje de la Física. Te pedimos que colabores y contestes esta encuesta con honestidad, que reflejes tu forma de pensar.

**¿Cómo contestar la encuesta?**

En cada ítem vas a encontrar dos afirmaciones y cinco opciones de respuesta. Marca con una X la opción que compartas y justifica tu elección.

- |                                      |                          |
|--------------------------------------|--------------------------|
| Totalmente de acuerdo con A          | <input type="checkbox"/> |
| Parcialmente de acuerdo con A        | <input type="checkbox"/> |
| No tengo opinión sobre esta cuestión | <input type="checkbox"/> |
| Parcialmente de acuerdo con B        | <input type="checkbox"/> |
| Totalmente de acuerdo con B          | <input type="checkbox"/> |
| Justificación:                       | <input type="checkbox"/> |

**ITEMS DE RESPUESTA**

(adaptados de Halloun y Hestenes 1998)

- 1- La Física consiste en:
  - A- Información verdadera acerca del mundo natural
  - B- Interpretaciones que los científicos tienen acerca del mundo natural
  
- 2- Las leyes de la Física:
  - A- Son inventadas por los científicos para organizar su conocimiento acerca del mundo natural
  - B- Están en las cosas y son independientes de cómo piensan los seres humanos
  
- 3- Los físicos dicen que existen los protones y los electrones en el átomo porque:
  - A- Han visto esas partículas con algunos instrumentos
  - B- Han realizado observaciones cuidadosas que pueden interpretarse suponiendo que existen esas partículas (aunque no las vean)
  
- 4- En la elaboración de una ley física:
  - A- Se puede prescindir de la experimentación
  - B- No se puede prescindir de la experimentación
  
- 5- Los científicos que investigan sobre temas diferentes (por ejemplo, mecánica y electricidad):

- A- Comparten la utilización de algunas leyes físicas
  - B- Utilizan leyes físicas completamente diferentes
- 6- Las leyes de la Física:
- A- Sólo reflejan aproximadamente cómo es el mundo natural
  - B- Expresan exactamente cómo es el mundo natural
- 7- Las ideas que los científicos poseen acerca de las partículas que componen el átomo:
- A- Se mantendrán en el futuro
  - B- Pueden ser reemplazadas en un futuro por otras ideas diferentes
- 8- Los descubrimientos científicos acerca del mundo natural:
- A- Surgen del comportamiento de los fenómenos
  - B- Se basan en conocimientos científicos previos
- 9- Cuando los científicos se enfrentan con un problema:
- A- Toman en cuenta sólo algunos aspectos del fenómeno que les parecen importantes y realizan sólo algunas mediciones que les parecen adecuadas
  - B- Toman en cuenta todos los aspectos del fenómeno y realizan todas las mediciones que son posibles
- 10- Cuando se realiza un experimento en Física, y sus resultados no están de acuerdo con una ley física:
- A- La ley se puede conservar
  - B- La ley se descarta
- 11- Cuando los científicos investigan:
- A- Emplean el Método Científico, que es independiente del problema en estudio
  - B- Pueden utilizar metodologías nuevas, que no hayan sido usadas antes
- 12- En Física, las investigaciones:
- A- Comienzan con la identificación de un problema.
  - B- Comienzan con la observación cuidadosa de los fenómenos.
- 13- Los físicos observan los fenómenos:
- A- Sin tener ideas previas sobre los mismos
  - B- Influenciados por sus ideas previas sobre los mismos
- 14- Las leyes de Newton:
- A- Sólo valen para resolver problemas de mecánica
  - B- Valen también cuando se estudian otros fenómenos (por ejemplo, eléctricos, magnéticos)
- 15- Las leyes más importantes de la Física se elaboran:
- A- Sólo gracias a los aportes de unos pocos científicos
  - B- Como resultado de los aportes de muchos científicos.