

IDEAS PREVIAS Y APRENDIZAJE REFLEXIVO: RESULTADOS DE UNA INNOVACIÓN METODOLÓGICA EN LA DOCENCIA DE LA FÍSICA

Alfonso Pontes Pedrajas
María del Pilar Martínez Jiménez
Departamento de Física
Escuela Politécnica Superior
Universidad de Córdoba

RESUMEN

En este trabajo presentamos los resultados de una investigación empírica relacionada con el estudio de algunas características de las ideas previas de los estudiantes en el área de electricidad y magnetismo. En primer lugar estudiamos la estabilidad de tales concepciones en una etapa previa a la instrucción universitaria. Después analizamos el cambio conceptual que se produce mediante un proceso de innovación docente, basado en el desarrollo de actividades orientadas a promover el aprendizaje reflexivo. Aunque se trata de un estudio de caso, creemos que los resultados de esta experiencia son positivos y nos invitan a seguir trabajando en esta línea.

ABSTRACT

In this work we present an empirical investigation related with the study of some characteristic of the student's previous ideas in the area of electromagnetism. In the first place we study the stability of such conceptions, in a previous stage to the university instruction. Also we analyse the conceptual change that is produced through an educational innovation process, based on the development of activities guided to promote the reflexive learning. Though it is considered a study of case, we believe that the results they are positive in this experience and invite us to follow working in this line.

INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas ha cobrado gran importancia el papel que desempeñan las ideas intuitivas o concepciones personales de los estudiantes en el aprendizaje de la física, como se ha puesto de manifiesto en numerosos trabajos recopilatorios sobre el tema (Carmichael et al., 1990; Duit, 1993). Desde el punto de vista educativo una de las características más importantes de las ideas de los alumnos es el hecho de que presentan en muchos casos una notable persistencia y son muy resistentes al cambio, permaneciendo incluso después de largos periodos de instrucción, lo que demuestra que no son desplazadas con facilidad por la enseñanza.

Existen algunos dominios conceptuales próximos a la experiencia vital del alumno, como la mecánica y electrocinética, en los que los esquemas conceptuales previos no parecen ser simples construcciones momentáneas, a juzgar por el grado de persistencia de los mismos (Driver et al., 1989). Pero no está tan claro si esta característica afecta de

igual modo a todos los dominios de la física, ya que hay otros muchos temas como el magnetismo o las ondas donde se manejan conceptos y modelos más abstractos. En concreto, dentro del amplio dominio del electromagnetismo hay temas como el estudio de los campos electrostáticos y magnéticos o la inducción electromagnética que presentan un mayor grado de abstracción que la electrocinética, ya que los temas relacionados con los fenómenos y aplicaciones de la corriente eléctrica en la vida cotidiana resultan más próximos a la percepción de los alumnos (Cudmani y Fontdevilla, 1990).

En este contexto hemos llevado a cabo un proyecto de investigación didáctica, encaminado a conocer las dificultades de aprendizaje de nuestros alumnos sobre los conceptos básicos de electricidad y magnetismo, en diversas etapas del proceso de formación, con vistas a elaborar estrategias y recursos didácticos de todo tipo que favorezcan la construcción de conocimientos significativos en este dominio (Pontes, 1999). Toda esta problemática es muy amplia y no puede abarcarse en un sólo artículo, de modo que hemos optado por ir abordando en cada trabajo diversos temas específicos relacionados con algunas características de las ideas de los alumnos tales como el carácter alternativo (Pontes y Pro, 1997) o la persistencia de los errores conceptuales y las diferencias entre expertos y novatos (Pontes et al., 1999).

Después de realizar tales estudios, que nos han aportado bastante información sobre la construcción del conocimiento intuitivo en electricidad y magnetismo, vamos a abordar el análisis de la consistencia temporal de las concepciones intuitivas en este área, por tratarse de una característica esencial para poder determinar si tales ideas pueden llegar a formar parte de esquemas mínimamente coherentes o, si por el contrario, se trata de construcciones mentales poco consistentes e inestables (Oliva, 1994). En torno a esta temática nos hemos planteado los siguientes interrogantes que han servido de base para el desarrollo de esta investigación: *¿Son estables a lo largo del tiempo las concepciones intuitivas de los estudiantes en electricidad y magnetismo? ¿Presentan el mismo grado de estabilidad preinstruccional en los diversos temas del dominio? ¿Qué grado de transformación se produce en tales ideas tras el proceso de instrucción científica? ¿Experimentan todos los alumnos el mismo nivel de cambio conceptual? ¿Qué tipo de innovaciones metodológicas favorecen la transformación de las ideas previas de carácter intuitivo en concepciones científicas?*

METODOLOGÍA Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

Con objeto de buscar respuesta a los problemas expuestos anteriormente hemos realizado un estudio de caso que se ha llevado a cabo en dos fases. En primer lugar hemos realizado un estudio exploratorio sobre las diferencias en la consistencia temporal de las ideas de los estudiantes sobre electrocinética e interacciones eléctricas y magnéticas. Posteriormente hemos abordado el análisis de la transformación de ideas a través del proceso de enseñanza y del tipo de trabajo que han realizado dos subgrupos diferentes de alumnos.

Para la recogida de datos hemos utilizado, en ambas fases, un mismo instrumento de investigación que consiste en un cuestionario muy simple, basado en la técnica de afirmación o negación de frases (Parker y Rennie, 1986), al que hemos denominado Test de Proposiciones sobre Electricidad y Magnetismo. El test se ha elaborado a partir de una serie de frases sobre diversos temas de electricidad y magnetismo, que recogen ideas expresadas por los estudiantes

en otros estudios anteriores ya citados. Está formado por dos partes de seis cuestiones cada una en las que se abordan diversos tópicos expuestos en la tabla 1. En la primera parte se formulan cuestiones muy básicas referidas al tema de corriente eléctrica y en la segunda parte se incluyen cuestiones relacionadas con los temas de electrostática y electromagnetismo. En la tabla 1 también se exponen, a modo de ejemplo, algunas de las cuestiones planteadas.

En cada proposición el sujeto debe indicar si le parece cierta o falsa (o si tiene dudas al respecto), pero debe justificar brevemente su decisión. Esta técnica es menos rigurosa que las cuestiones completamente abiertas que hemos utilizado en otros trabajos (Pontes, 1999), pero es útil para realizar un estudio inicial de carácter exploratorio, siempre y cuando los resultados o las conclusiones del mismo se asuman con las debidas precauciones. Cuestiones de este tipo también han sido utilizadas en otras investigaciones sobre las ideas de los estudiantes en electricidad (Dupin y Joshua 1986, Shisptone et al 1988).

Tabla 1. Estructura y tópicos del cuestionario

1ª PARTE: CIRCUITOS ELÉCTRICOS	2ª PARTE: INTERACCIONES y CAMPOS
1.- Modelo de circuito básico	7.- Relación entre fuerza eléctrica y carga eléctrica
2.- Portadores de carga en conductores eléctricos	8.- Campo eléctrico en un material dieléctrico o aislante
3.- Relación entre corriente y energía eléctrica	9.- Flujo de carga entre conductores cargados
4.- Diferencia entre voltaje y corriente eléctrica	10.- Campo magnético de la corriente eléctrica
5.- Intensidad de corriente del generador	11.- Interacción entre imán y corriente eléctrica
6.- Asociación de dos generadores en serie y paralelo	12.- Generación de corriente por inducción electromagnética
EJEMPLOS DE CUESTIONES	
4. <i>¿Entre dos puntos de un circuito eléctrico puede haber voltaje aunque no circule corriente eléctrica entre tales puntos?</i>	
9. <i>¿Al poner en contacto dos conductores cargados eléctricamente siempre hay paso de carga desde el que tiene más carga al que tiene menos?</i>	

En la primera fase de esta experiencia, con objeto de estudiar la estabilidad de las ideas de los estudiantes se ha aplicado el citado cuestionario, por dos veces consecutivas (test-retest), a un grupo de alumnos de 1º curso de Ingeniería Técnica de la Universidad de Córdoba, en la etapa previa al estudio de los temas de electricidad y magnetismo en la universidad. Esto significa que los conocimientos de tipo académico, que pueden presentar los sujetos encuestados sobre este tema, corresponden al tipo de instrucción recibida anteriormente sobre electrostática, circuitos eléctricos y magnetismo. El intervalo transcurrido entre ambas aplicaciones del cuestionario ha sido superior a los 4 meses (entre octubre y febrero), de modo que no cabe pensar que los alumnos encuestados hayan repetido las respuestas por simple memorización. El número total de estudiantes de este grupo (G1) que han realizado el cuestionario las dos veces

ha sido 74, de los que dos tercios (aproximadamente) proceden de COU o son repetidores de curso y la otra tercera parte proceden de Formación Profesional.

En la segunda fase, que se ha llevado a cabo en el curso siguiente, con objeto de estudiar el proceso de cambio de ideas que se produce a través de la enseñanza de estos temas en la asignatura de Física, hemos realizado una experimentación metodológica con otro grupo distinto del mismo nivel (G2). En esta segunda fase se han recogido datos de 81 alumnos, a los que se les aplicó el mismo cuestionario al cabo de dos meses (postest) de haber finalizado la instrucción sobre los temas de electromagnetismo y de haber sido examinados con una prueba de evaluación más amplia (un examen formado por cuestiones abiertas, ejercicios y problemas). El proceso de enseñanza que han seguido estos alumnos del G2 es de tipo clásico, de modo que el profesor realiza la explicación teórica de los temas y al mismo tiempo se realizan actividades prácticas tales como la resolución de problemas, experimentos de laboratorio y estudio de simulaciones por ordenador (Pontes et al., 2000).

Sin embargo en esta experimentación se ha introducido una pequeña innovación metodológica que ha consistido en proporcionar a los alumnos unos materiales didácticos complementarios, que sirvieran de ayuda durante el proceso de estudio individual que cada uno debe realizar fuera del aula o del laboratorio. Tales materiales han consistido en el desarrollo de un programa-guía de actividades por cada tema, con los que se pretende favorecer un proceso de aprendizaje reflexivo de la física (Pontes, 1999). En este modelo de trabajo el estudio individual de un tema se desarrolla en torno a un conjunto de cuestiones, organizadas en diversas secuencias, que los alumnos deben ir respondiendo durante el proceso de estudio individual y después se entregan los informes del trabajo realizado al profesor. Las actividades de cada secuencia se organizan en varias fases: (I) exploración de ideas previas sobre cada tema, (II) introducción de conceptos y modelos científicos, y (III) aplicación de los mismos en la explicación de fenómenos, la predicción de hechos y la resolución de problemas.

Para los estudiantes del G2 (que han sido encuestados en la 2ª fase) el desarrollo de estos trabajos era voluntario, pues se trata de alumnos universitarios que han de ser responsables de su propio aprendizaje, aunque el profesor les ha explicado la utilidad didáctica de tales actividades. Como consecuencia del carácter voluntario de este tipo de tareas podemos distinguir dos subgrupos (A y B). El primer grupo (G2A) estaba integrado por 34 estudiantes que han entregado el informe del trabajo individual realizado con todos los programas-guías de actividades diseñados. El segundo grupo (G2B) estaba formado por los 47 alumnos restantes que no han entregado ninguno o casi ninguno de los informes correspondientes. Evidentemente esta clasificación permite diferenciar entre los alumnos que presentan mayor grado de interés o que realizan mayor esfuerzo por adquirir conocimientos de física (G2A) y los alumnos que no tienen la misma motivación o que dedican menos tiempo al estudio de esta materia (G2B).

PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

A continuación se exponen los resultados empíricos obtenidos en el desarrollo de esta investigación, diferenciando las dos fases de la misma. En primer lugar se analizan los datos procedentes del estudio de la estabilidad preinstruccional de las ideas de los estudiantes y en segundo lugar se analizan los resultados correspondientes al estudio de la innovación metodológica desarrollada con los programas-guía de actividades que hemos descrito en la sección anterior.

Los resultados de la aplicación del cuestionario en cada fase se han codificado en tres categorías de respuesta para cada ítem. Hemos denominado concepciones científicas (CC) a las respuestas correctas, es decir cuando coinciden con el punto de vista científico, y concepciones alternativas (CA) a las respuestas opuestas a las anteriores, es decir a las ideas claramente erróneas. Los otros tipos de respuestas (OT) se podrían catalogar como concepciones no explícitas o indefinidas. Se han codificado las tres categorías con códigos numéricos (CC=III, CA=II, OT=I), se ha formado una matriz de datos de todos los sujetos de la muestra, en cada aplicación (test-retest), y han sido procesados, mediante diversos programas de tratamiento estadístico, con el paquete informático SPSS (Etxebarria et al., 1990).

En primer lugar se ha realizado un estudio de los porcentajes de cada categoría de respuesta, utilizando el subprograma FRECUENCIAS. A continuación se ha realizado un estudio de tabulaciones cruzadas de las tres categorías para cada ítem, con los datos del test y el retest, mediante el subprograma CROSSTABS. Este tratamiento permite obtener las tablas de contingencia de cada tópico y otros parámetros tales como el valor de Chi-cuadrado (χ^2) o el coeficiente de contingencia (C), que determina el grado de asociación de las variables consideradas. Posteriormente se ha procedido a una nueva recodificación de los datos de cada ítem, en la que el programa asigna la puntuación 1 a las respuestas correctas y 0 a las demás. Las puntuaciones dicotomizadas han permitido obtener la puntuación media de cada ítem en las dos aplicaciones (subprograma DESCRIPTIVES) y la prueba T de Student para analizar las diferencias de las dos puntuaciones de cada ítem (test-retest).

Resultados de la primera fase: estabilidad de las ideas de los estudiantes, en una etapa previa al proceso de instrucción

Para estudiar la estabilidad de las concepciones previas, antes de llevar a cabo el proceso de instrucción, hemos aplicado el cuestionario dos veces al mismo grupo G1 (N=74) con un intervalo de tiempo de varios meses. En la tabla 2 se exponen los datos correspondientes a las aplicaciones del cuestionario, en forma de test y retest, en la que se muestran las frecuencias relativas (o porcentajes) de las tres categorías de respuesta consideradas en cada ítem.

En primer lugar puede apreciarse que la mayoría de los ítems producen un nivel III de respuestas correctas inferior al 25% (excepto en los ítems 1, 2, 6, 10 y 11). Estos datos nos parecen bastante bajos si tenemos en cuenta la sencillez de la prueba. En lo que respecta a los tópicos tratados en los diversos ítems hay que señalar que en la parte de circuitos eléctricos las mayores dificultades se relacionan con la confusión entre corriente y energía eléctrica (ítem 3), la falta de diferenciación entre voltaje y corriente eléctrica (ítem 4) y la creencia de que el generador o la pila proporciona una corriente de intensidad constante (ítem 5), que son ideas

erróneas persistentes y constatadas en anteriores investigaciones. En cuanto a los ítems de la segunda parte, parece que las dificultades son todavía mayores porque se refieren a temas poco relacionados con los conocimientos previos, tanto académicos como los de carácter intuitivo. En las explicaciones de las respuestas hemos apreciado diversas concepciones alternativas en los ítems de electrostática, como la creencia de que un cuerpo cargado eléctricamente "posee fuerza eléctrica" (ítem 7), o que no puede existir campo eléctrico en los materiales aislantes (ítem 8), o la idea de que la carga eléctrica es "un fluido que va desde donde hay más carga hacia donde hay menos" (ítem 9). Sin embargo en los ítems de electromagnetismo (10, 11 y 12) abundan bastante las concepciones indefinidas (no saben o no contestan).

Tabla 2. Porcentajes obtenidos en las diversas categorías de respuesta.

ÍTEMES	TEST			RETEST		
	III	II	I	III	II	I
1	71.6	20.3	8.1	68.9	25.7	5.4
2	31.1	47.3	21.6	27.0	44.6	28.4
3	24.3	63.5	12.2	20.3	62.2	17.6
4	18.9	60.8	20.3	14.9	63.5	21.6
5	17.6	58.1	24.3	20.3	51.3	28.4
6	33.8	35.1	31.1	35.1	29.7	35.1
7	18.9	62.2	18.1	25.6	67.6	6.7
8	13.5	48.6	37.8	16.2	51.3	32.4
9	18.9	51.3	29.7	21.6	51.4	27.0
10	36.5	25.7	37.8	32.4	31.1	36.5
11	29.7	36.5	33.8	27.0	35.2	37.8
12	10.9	43.2	45.9	13.5	41.9	44.6

En segundo lugar se observa un nivel alto de concordancia entre los resultados de ambas aplicaciones del cuestionario y en los ítems de las dos partes del mismo. En efecto, al comparar los resultados del test y retest se aprecia un notable paralelismo en los porcentajes de las tres categorías de respuestas, en la mayoría de los tópicos planteados. Esto se podría interpretar como un dato importante sobre la consistencia o estabilidad temporal de las ideas previas de estos estudiantes, pero hay que tener en cuenta el tipo de prueba utilizado a la hora de emitir un juicio de ese tipo. En efecto, el hecho de que la prueba sea del tipo cierto-falso, aunque los estudiantes expliquen brevemente la respuesta, nos indica que debemos ser prudentes antes de sacar conclusiones precipitadas y utilizar técnicas de análisis de datos más rigurosas que la comparación de porcentajes.

Tras aplicar la prueba T de Student al análisis estadístico de estos resultados no se han encontrado diferencias significativas, como se muestra en la segunda columna de la tabla 3, en ninguno de los ítems del cuestionario, durante su aplicación como test y como retest. Esto quiere decir que las pequeñas diferencias observadas pueden ser debidas al azar y, por tanto, el instrumento utilizado resulta ser fiable, ya que produce resultados similares en repetidas aplicaciones a la misma muestra.

Con objeto de recabar mayor información sobre la consistencia de las respuestas de

cada sujeto, en los dos momentos en que ha realizado la prueba, se han construido las tablas de contingencia correspondientes al cruce de las frecuencias de las tres categorías de respuesta por ítem, en las dos aplicaciones del cuestionario. Los resultados derivados de este análisis nos han indicado que se produce una mayor concentración de frecuencias en la diagonal principal de cada tabla de contingencia, en los ítems sobre circuitos eléctricos. Este hecho si nos parece relevante de cara a confirmar la hipótesis de la estabilidad temporal de las ideas de los estudiantes. Sin embargo esto sólo ocurre de forma general en los ítems de la primera parte del cuestionario, pero no se ve tan claro en los ítems de la segunda parte, que corresponden a los temas de electrostática y electromagnetismo. Estos datos nos hacen pensar que las ideas de los alumnos sobre la corriente eléctrica parecen más consistentes y estables a lo largo del tiempo que las ideas sobre fenómenos electrostáticos y electromagnéticos.

Para profundizar en el análisis de datos se ha determinado el valor del parámetro Chi-cuadrado y el coeficiente de contingencia en los datos cruzados correspondientes a cada ítem. Tales datos se muestran en la tabla 3, junto con otros datos sobre los resultados de la prueba T de Student que ya se han comentado antes. En efecto, puede apreciarse que el coeficiente de contingencia (C), que constituye una medida del grado de asociación entre los resultados de cada ítem en las dos aplicaciones del test, es mayor por lo general en los ítems de la primera parte que en los de la segunda. Por otra parte, la prueba Chi-cuadrado aporta valores estadísticamente significativos (al nivel del 99% o superior) en casi todos los ítems sobre circuitos eléctricos, mientras que en la segunda parte sólo son moderadamente significativos los valores correspondientes a la mitad de los ítems (8, 9 y 10).

Tabla 3. Resumen de parámetros estadísticos en las pruebas de contraste test-retest

ÍTEMS	DIFERENCIAS TEST-RETEST			ASOCIACION TEST-RETEST	
	DM	(Sd)	T	X ²	C
1	0.027	(0.559)	0.59 #	16.32 **	0.311
2	0.043	(0.587)	0.98 #	8.22 #	0.239
3	0.047	(0.563)	1.02 #	21.06 ***	0.352
4	0.041	(0.450)	1.10 #	14.83 **	0.302
5	0.020	(0.473)	-0.52 #	27.73 ***	0.397
6	0.021	(0.665)	-0.37 #	12.84 *	0.283
7	0.061	(0.550)	-1.35 #	6.51 #	0.205
8	0.034	(0.507)	-0.82 #	12.37 *	0.279
9	0.027	(0.560)	-0.59 #	11.06 *	0.258
10	0.041	(0.593)	0.83 #	10.16 *	0.241
11	0.020	(0.589)	0.42 #	6.32 #	0.201
12	0.034	(0.473)	-0.87 #	3.69 #	0.158

Parámetros calculados: DM = Diferencia media, Sd = Desviación standard,
T = T de Student, X² = Chi-cuadrado, C = Coeficiente de Contingencia
Significación estadística: *** p<0.001 ** p<0.01 * p<0.05 # p>0,05 (NS)

Así pues, los resultados obtenidos parecen confirmar que las concepciones personales sobre electricidad mostradas por los estudiantes, en una fase previa a la instrucción universitaria, presentan mayor estabilidad en aspectos que están más relacionados con el desarrollo del conocimiento intuitivo y la experiencia cotidiana, como es el caso de los circuitos de corriente

eléctrica. También existe una estabilidad moderada en algunos tópicos de electrostática y magnetismo, aunque estos resultados hay que interpretarlos con mucha precaución porque el instrumento de investigación presenta algunas limitaciones que se han comentado. En cualquier caso, estos resultados proporcionan ciertas pistas para futuros trabajos en los que se podría investigar con mayor profundidad la consistencia de las ideas de los alumnos sobre interacciones electromagnéticas a distancia.

Resultados de la segunda fase: diferencias en el proceso de cambio de ideas tras el proceso de instrucción

Ya hemos indicado que en la segunda fase de este estudio se ha introducido una innovación metodológica, complementaria al desarrollo de las clases de física, que ha consistido en proporcionar a los alumnos del grupo G2 un conjunto de programas de actividades para orientar el estudio individual según los planteamientos del aprendizaje reflexivo (Pontes, 1999). Dado que el desarrollo y presentación del trabajo relacionado con estos materiales didácticos era voluntario se ha producido una diferenciación entre los sujetos del grupo, en función de la variable esfuerzo individual realizado al realizar tales actividades. Hemos denominado subgrupo G2A (N=34) a los alumnos que han entregado el informe del trabajo individual realizado con todos los programas de actividades de los diversos temas y hemos llamado subgrupo G2B (N=47) a los alumnos restantes que no han entregado ninguno o casi ninguno de tales informes. En la tabla 4 se exponen los datos correspondientes a la aplicación del cuestionario, en ambos subgrupos, mostrándose los porcentajes de las tres categorías de respuesta consideradas en cada ítem.

Si comparamos los datos expuestos en la tabla 4 (que corresponden al conocimiento postinstruccional) con los de la tabla 2 (conocimiento en la fase previa a la instrucción) podemos observar a simple vista que el proceso de instrucción ha permitido mejorar el porcentaje de respuestas correctas de ambos subgrupos (G2A y G2B), en todos los ítems de la prueba, con respecto a los resultados del conocimiento inicial que presentaba el grupo G1. Por tanto, en general la enseñanza universitaria ha favorecido el cambio de las concepciones personales de todos los alumnos, en mayor o menor medida. Sin embargo al estudiar detenidamente los datos de la tabla 4, comparando los resultados obtenidos en los subgrupos G2A y G2B, podemos apreciar que el porcentaje de respuestas correctas en el grupo G2A es mayor que en el grupo G2B para todos los ítems del cuestionario.

Tabla 4. Porcentajes por categorías de respuesta tras la instrucción

ÍTEMS	G2A			G2B		
	III	II	I	III	II	I
1	100	0	0	91.4	4.3	4.3
2	91.2	5.9	2.9	80.9	17.0	2.1
3	85.3	8.8	5.9	57.4	34.1	8.5
4	58.8	32.4	8.8	38.3	51.1	10.6
5	61.7	29.5	8.8	42.6	48.9	8.5
6	88.3	8.8	2.9	63.8	25.6	10.6
7	76.5	17.6	5.9	59.5	23.4	17.1
8	64.7	20.6	14.7	51.1	34.1	14.8
9	70.6	17.6	11.8	48.9	36.3	14.8
10	94.2	2.9	2.9	89.4	4.3	6.3
11	91.2	5.9	2.9	83.0	8.5	8.5
12	85.3	8.8	5.9	72.4	17.0	10.6

Como el número de sujetos de cada grupo no es muy elevado, hemos analizado los datos con el programa informático SPSS y hemos aplicado en este caso la prueba estadística no paramétrica de Mann-Witney (Etxebarria et al., 1990) para evaluar las diferencias entre tales grupos. De esta forma hemos observado que las diferencias entre tales resultados son bastante significativas -en la mayoría de las cuestiones- a favor del grupo de alumnos que han trabajado voluntariamente con los programas-guía. En definitiva, el grado de cambio conceptual no es homogéneo y es más amplio entre los alumnos que han realizado las actividades propuestas.

CONCLUSIONES

En el desarrollo de esta investigación educativa hemos obtenido diferentes tipos de resultados que conviene subrayar. Por un lado, hemos podido comprobar que los estudiantes que comienzan la enseñanza universitaria presentan un amplio catálogo de ideas intuitivas de carácter alternativo en los temas electricidad y magnetismo, aunque el grado de extensión de tales preconcepciones no es uniforme. En general tienen mayor estabilidad -en la fase preinstruccional- las ideas intuitivas que elaboran los alumnos sobre electrocinética que en los temas en los que se utilizan conceptos más abstractos como la electrostática y el magnetismo. El hecho de que los alumnos que comienzan las carreras universitarias de carácter técnico o científico presenten un amplio número de preconcepciones alternativas implica la necesidad de elaborar estrategias y recursos que favorezcan el cambio de ideas en la docencia universitaria (Pontes et al., 2000).

En segundo lugar, al utilizar los programas-guía de actividades como recursos orientados a favorecer el aprendizaje reflexivo y al permitir que los alumnos utilicen de forma voluntaria tales recursos hemos obtenido resultados que ponen de manifiesto la eficacia de los mismos y el papel que desempeña la responsabilidad de cada sujeto en el proceso de aprendizaje. En concreto, hemos podido apreciar que los alumnos del G2A que han realizado las actividades propuestas (en los diversos programas-guía) han experimentado un grado de

cambio conceptual más elevado que los del grupo G2B, que no han realizado ese esfuerzo complementario. Al comparar los resultados del examen parcial de estos temas (al que antes hemos aludido) también hemos encontrado diferencias significativas en los resultados de ambos subgrupos de la muestra.

Estos resultados son lógicos pues indican que los alumnos que realizan mayor esfuerzo durante el proceso de estudio presentan generalmente mejor rendimiento académico. No obstante, debemos señalar que los materiales didácticos complementarios utilizados en esta innovación metodológica han servido como recursos educativos que favorecen en mayor grado el aprendizaje reflexivo y el cambio conceptual. Por tanto, creemos que disponemos de suficientes razones para seguir trabajando en esta línea (*).

(*). *Este trabajo forma parte de un proyecto aprobado y subvencionado por la Universidad de Córdoba en el programa de Innovación y Mejora de la Enseñanza (Curso 1999/2000).*

BIBLIOGRAFÍA

- CARMICHAEL, P. et al. (1990). *Research on students' conceptions in science: a bibliography*. University of Leeds.
- CUDMANI, L.C. y FONTDEVILLA, P.A. (1990). Concepciones previas en el aprendizaje significativo del electromagnetismo. *Enseñanza de las Ciencias*, 8 (3), pp.215-222
- DRIVER, R., GUESNE, E. y TIBERGHEN, A. (1989). *Ideas científicas en la infancia y la adolescencia*. Madrid: Morata.
- DUPIN, J.J. y JOHNSON, S. (1987). Conceptions of French pupils concerning electric circuits: structure and evolution. *Journal of Research in Science Teaching*, 24 (9), pp.271-806.
- DUIT, R. (1993). Research on students' conceptions. Developments and trends. *III International Seminar of Misconceptions and Educational Strategies in Science and Mathematics*. (Cornell University, Ithaca).
- ETXEBERRIA, J., JOARISTI, L. y LIZASOAIN, L. (1990). *Programación y análisis estadísticos básicos con SPSS*. Madrid: Paraninfo.
- OLIVA, J.M. (1994). *Influencia de las variables cognitivas en la construcción de conocimientos de mecánica. Un estudio empírico y un análisis computacional*. Tesis doctoral, UNED, Madrid.
- PARKER, L y RENNIE, L. (1986). Sex-stereotyped attitudes about science: can they be changed? *European Journal of Science Education*, 8 (2), pp.173-183.
- PONTES, A. (1999). *Aportaciones al estudio de las concepciones de los estudiantes sobre electromagnetismo y sus implicaciones en la didáctica de la física*. Tesis doctoral (en microfichas), Universidad de Córdoba.
- PONTES, A. y PRO, A. (1997). Interacciones eléctricas y estructura de la materia: dificultades de los estudiantes en la adquisición de modelos científicos. *Enseñanza de las Ciencias, N° extra, Actas del V Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias*. (Universidad Murcia)

PONTES, A. , MARTÍNEZ, M.P. y PRO, A. (1999). La persistencia de las concepciones de los estudiantes sobre electrocinética y sus implicaciones para la enseñanza. *Actas de la XXVII Reunión Bienal de la RSEF y 9º Encuentro Ibérico Para la Enseñanza de la Física*, Tomo I, pp.350-351. Universitat de València.

PONTES, A., MARTÍNEZ, M.P. y BENAVIDES, J.I. (2000). El aprendizaje de conceptos sobre circuitos eléctricos con ayuda del ordenador. *Actas del II Taller Iberoamericano de Enseñanza de la Física Universitaria* (Universidad de la Habana).

SHIPSTONE, D. et al. (1988). A study of students' understanding of electricity in five European countries. *International Journal of Science Education*, 10 (3), pp.303-316.