

¿QUÉ PIENSAN LOS JÓVENES SOBRE RADIATIVIDAD, ESTRUCTURA ATÓMICA Y ENERGÍA NUCLEAR?*

GUTIÉRREZ, ELENA ESTER¹, CAPUANO, VICENTE CONRADO²,
PERROTTA, MARÍA TERESA¹, DE LA FUENTE, ANA MARÍA¹ y
FOLLARI, BEATRIZ DEL ROSARIO¹

¹ Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad Nacional de La Pampa.
Uruguay 151 (6300) Santa Rosa, La Pampa. Argentina.

E-mail: elenagutierrez@exactas.unlpam.edu.ar

² Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Universidad Nacional de Córdoba.
Ciudad Universitaria (5000) Córdoba. Argentina.

E-mail: vcapuano@com.uncor.edu

SUMMARY

This work consists of an exploring investigation, in order to inquire about posible students' ideas on modern Physics, focused on themes related with radioactivity, atomic structure and nuclear energy. In 1997, Argentinian secondary students of the fourth and fifth courses (16 to 18 years old) were inquired on these themes. The results show that these students, from all around the country, have an opinion about radioactive emission, structure of mater and forces produced inside the atomic structure. They also express that nuclear energy exists; but it's observed that scientific concepts like radioactive materials and periods of radioactive decay appear as confused ones, especially in the use and control of nuclear energy. We consider that these themes are brought to school as part of their social culture. The study of these ideas is the first step for designing strategies for classroom transfer to approach students' knowledge to a scientific acceptance.

INTRODUCCIÓN

Las investigaciones de los últimos veinticinco años en el área de educación en ciencias muestran que las ideas previas de los estudiantes sobre los fenómenos naturales deben ser tenidas en cuenta si se pretende un aprendizaje significativo de los conceptos que involucran las ciencias (Novak, 1992; Driver, 1986; Moreira, 1993; Pesa y Cudmani, 1997).

Pesa y Cudmani (1997) sintetizan las siguientes razones, que debían ser las que llevaron a investigar durante los últimos años el tema de las concepciones alternativas:

- Una nueva perspectiva del aprendizaje, en la cual se deben tener en cuenta tanto las ideas que el alumno trae (Ausubel et al., 1996) como la propia situación de aprendizaje.
- La fuerte persistencia de las preconcepciones aun después de la instrucción, incluso universitaria, y en alumnos que obtienen altas calificaciones en ciencias.
- El hecho de que son compartidas por la mayoría de los estudiantes. Este consenso de significados sería una de

las razones de la persistencia. Driver (1986) sostiene incluso que tienen mucho en común aun en medios culturales muy distintos.

– Las convenciones acerca de lo que determinadas sociedades interpretan sobre una dada situación física influyen en el modo de percibirla.

Las ideas alternativas en las distintas áreas del conocimiento son a menudo implícitas y necesitan de una investigación profunda y crítica (Pesa et al., 1995). Particularmente los estudios de estas ideas en el área de física son muy numerosos, encontrándose en la bibliografía un número menor de trabajos en temas de física moderna (Solbes et al., 1987; de Posada y Prieto Ruz, 1990; Pfundt y Duit, 1994).

Existen estudios que analizan ideas de los alumnos sobre radiactividad y energía nuclear que manifiestan que éstos tienen conocimiento sobre aspectos sociales de dichos temas, aun sin haber recibido instrucción, las cuales provendrían de un contexto extraescolar (de Posada y Prieto Ruz, 1990). También se han investigado las ideas sobre estos temas fuera del sistema formal (Alsop y Watts, 1997). En general, dentro y fuera del sistema formal, las ideas presentes provocan opiniones negativas hacia el uso de la energía nuclear, que han dado lugar a estudios sobre «cambio de actitudes hacia la energía nuclear», cuando se materializan acciones educativas dentro del marco que brinda una propuesta de enseñanza basada esencialmente en la utilización de mensajes persuasivos (Raviolo et al., 1997).

La influencia de los procedimientos pedagógicos de la instrucción que utilizan el modelo de partículas para enseñar la estructura de la materia ha dado lugar a numerosas investigaciones (Caamaño Ros y Casassas, 1987; Enciso et al., 1987; Meheut et al., 1988; Mozas y Ruiz, 1989; Sanz et al., 1993); otras investigaciones se han orientado hacia las concepciones de los alumnos sobre la estructura de la materia (de Posada, 1993). Según Solbes (1987), en algunos análisis, las ideas previas de los alumnos con respecto a la estructura atómica coinciden con las que existían en la génesis de los conceptos, mientras que, para Feynman (1971), el comportamiento atómico escapa a la comprensión de cualquiera, en tanto está muy alejado de los hechos cotidianos. También se ha estudiado el nivel de apropiación de la idea de discontinuidad de la materia obteniéndose como conclusión que los alumnos que comienzan sus estudios en el bachillerato parecen tener escasamente asumida su discontinuidad (Gentil González et al., 1989) y que los alumnos no comprenden con facilidad la universalidad de la composición atómica de la materia, pues establecen diferencias al respecto dependiendo del tipo de sistemas materiales presentados (Mondelo Alonso et al., 1994).

Para que se realice un aprendizaje significativo, es fundamental que el alumno modifique sus modos de interpretar los fenómenos de acuerdo con sus necesidades de conocimiento, y a medida que se enfrenta a situaciones nuevas (Colombo et al., 1991).

En particular, en el tema de estructura atómica, experiencias de enseñanza señalan que es fundamental la explicitación y problematización de los supuestos de los alumnos para acercarse a un aprendizaje significativo (Bravo et al., 1997).

Es importante que en los currículos de enseñanza (desde el 7° al 12° año de escolaridad) se contemplen temas de física moderna y, de hecho, existen estudios que demuestran que los alumnos están interesados en ellos (Gil Pérez et al., 1986; Capuano et al., 1997). Otros estudios atribuyen la ausencia de la física moderna, en la escuela media, a las dificultades propias de los modelos involucrados, a la escasa bibliografía acerca del tratamiento didáctico de estos temas y a la inadecuada formación de profesores en el área disciplinar específica (Capuano et al., 1997; Fernández et al., 1997).

Por todo lo expuesto, este trabajo plantea como objetivo inmediato indagar lo que piensan los alumnos sobre temas de física moderna vinculados con la radiactividad, la estructura atómica y la energía nuclear. El conocimiento de lo que los alumnos piensan sobre estos temas permitirá posteriormente diseñar estrategias para su transferencia al aula, que ayuden al aprendizaje, tratando de aproximar su conocimiento al conocimiento científico escolar.

METODOLOGÍA

En función del objetivo propuesto, se realizaron 395 encuestas durante el año 1997. El muestreo tomado consideró un criterio geográfico al dividir el país en cinco zonas: Noroeste (NO), Noreste (NE), Centroeste (CE), Centrooeste (CO) y Sur (S). En cada zona se encuestaron alumnos de 4° y 5° año del actual nivel de enseñanza media (16 a 18 años) de tres ciudades distintas, tomando en cada una de ellas un curso para dicha encuesta.

Sobre la base de un conjunto de entrevistas clínicas con alumnos de similares características a quienes finalmente serían encuestados, se elaboró una versión preliminar del cuestionario. Este instrumento fue puesto a prueba, nuevamente con alumnos de perfil similar al propuesto para este trabajo, con el propósito de ajustarlo hacia un enfoque óptimo del tema en estudio.

Por tratarse de una investigación de tipo exploratorio no se plantean hipótesis respecto de las posibles ideas de los alumnos en cuanto a los temas seleccionados.

Se parte del supuesto de que los preconceptos existen y el interés se focaliza en indagarlos.

INSTRUMENTO DE EVALUACIÓN Y RESULTADOS

El cuestionario consta de once preguntas. Las tres primeras se refieren a radiactividad. En ellas se trata de

indagar las ideas de los alumnos acerca de: qué consideran que emiten los materiales radiactivos, qué transformaciones ocurren en dicha emisión y cuál es el decaimiento radiactivo en el tiempo.

Las cuatro cuestiones siguientes intentan averiguar las ideas de los alumnos sobre la estructura atómica: constitución de la materia, dimensiones del átomo, fuerzas atómicas y fuerzas nucleares.

Las cuatro últimas apuntan a investigar las ideas de los alumnos en el tema de energía nuclear. Se intenta ver si consideran la energía nuclear como un fenómeno producido por el hombre o un fenómeno natural, si asocian energía nuclear con peligro y destrucción, si piensan que las reacciones nucleares se pueden controlar o no y finalmente si conocen las centrales nucleares de nuestro país.

El cuestionario, de opciones cerradas, admitía, para cada pregunta, la aceptación, en algunos casos, de una única respuesta y, en otros, de varias respuestas; por dicho motivo, en algunas cuestiones, la suma del cálculo de los porcentajes supera el 100% en el caso de que los alumnos seleccionaran más de una opción no contradictoria entre sí. Las respuestas contradictorias fueron contabilizadas una sola vez separadamente. Se calcularon los valores porcentuales (*p*) para las preferencias de los alumnos a cada una de las opciones. Se estimaron los intervalos de confianza (Δp) a partir de $\alpha = 0,05$ (confiabilidad del 95%, Walpole y Myers, 1992).

Se incorpora a continuación el instrumento utilizado de acuerdo con el objetivo propuesto. Al final de cada una de las opciones se agrega un porcentaje que indica el grado de preferencia obtenido por la opción, tomando como muestra la totalidad de las respuestas de los alumnos (395).

CUESTIONARIO

(Sólo para esta publicación: en negrita se indican las opciones correctas)

Año que cursa:

Tipo de bachillerato:

Las siguientes cuestiones son temas de física moderna. Marca con una cruz la/s opción/es que consideres correcta/s:

1) Los materiales radiactivos (ciertos elementos químicos) tienen distintas propiedades que los caracterizan, entre las cuales se encuentra la emisión de ciertos «rayos». Estos rayos son:

- a) De partículas (18%)
- b) De ondas (29%)
- c) De ondas y partículas (37%)**
- d) De otra cosa (2%)
- e) No sé (14%)
- f) No contesta

2. Los materiales radiactivos, cuando emiten rayos:

- a) Se transforman en otro elemento (17%)**
- b) Queda el mismo elemento químico, pero con menor energía (47 %)
- c) Se transformó en dos elementos químicos iguales (5%)
- d) Otra respuesta (4%)
- e) No sé (25%)
- f) No contesta (2%)

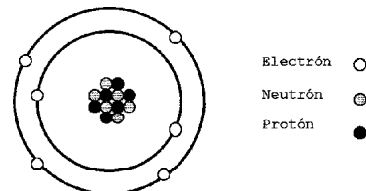
3) Dentro de los materiales radiactivos se encuentran el I¹³¹ (isótopo del yodo útil para el diagnóstico clínico), el C¹⁴ (isótopo del carbono, que se utiliza para determinar la edad de materiales antiguos) y el Pu²³⁹ (isótopo del plutonio, desecho de la reacción nuclear). Sus efectos (rayos que emiten), en cualquiera de los tres casos:

- a) Disminuyen a medida que transcurre el tiempo (32%)**
- b) Aumentan a medida que transcurre el tiempo (11%)
- c) Se mantienen constantes a medida que transcurre el tiempo (32%)
- d) Otra respuesta (1%)
- e) No sé (22%)
- f) No contesta (2%)

4) Cuál/es de las siguientes cosas están compuestas por átomos:

- a) Los minerales (por ejemplo, una roca) (78%)**
- b) Los vegetales (por ejemplo, un árbol) (55%)**
- c) Los animales y los seres humanos (60%)**
- d) Si no se marcó ninguna de las afirmaciones anteriores, exprese cuál es el elemento más pequeño que lo constituye en cada caso:
 - 3% (partículas, moléculas)
 - 5% (célula)
 - 5% (célula)
 - f) No contesta (7%)

5) La representación más sencilla de un átomo (la figura muestra la representación en un dibujo hecho sin escala) ubica en la zona central del núcleo, compuesto por protones y neutrones y a una cierta distancia girando en órbitas más o menos circulares, de los electrones. Si pudiésemos ampliar el tamaño de estas pequeñísimas partículas de modo que el núcleo tuviese el tamaño de una naranja, ¿cuál crees que sería el tamaño del radio de la primera órbita electrónica?



Átomo de Carbono

- a) Más o menos como el de una sandía (32%)
- b) Más o menos como el del cantero circular de un jardín (15%)
- c) Más o menos como el de una rotonda o plaza redonda (16%)**
- d) Más o menos como la de una avenida de circulación de una gran ciudad (14%)

- e) No sé (21%)
f) No contesta (2%)

6) En relación con el dibujo de la pregunta anterior:

a) ¿Crees que debe existir alguna fuerza que actúe sobre el electrón para que éste describa órbitas circulares?

Sí (94%) No (4%) No contesta (2%)

b) Si respondiste que sí a la pregunta anterior, ¿qué tipo de fuerza piensas que es? Te damos las siguientes opciones de tipos de fuerzas:

- Fuerzas gravitatorias (19%)
- **Fuerzas eléctricas (35%)**
- Fuerzas magnéticas (34%)
- Fuerzas nucleares (18%)
- No sé (5%)
- No contesta (1%)
- Contradicciones y otras respuestas (1%)

7) Observa con cuidado el dibujo de la cuestión 5. Advierte que en el núcleo se apilan muy cerquita, uno de otro, protones y neutrones.

a) ¿Crees que debe existir alguna fuerza entre neutrones y protones para que el núcleo no se desarme?

Sí (90%) No (6%) No contesta (4%)

b) Si respondiste que sí a la pregunta anterior, ¿qué tipo de fuerza piensas que es? Te damos las siguientes opciones de tipo de fuerzas:

- Fuerzas gravitatorias (4%)
- Fuerzas eléctricas (22%)
- Fuerzas magnéticas (41%)
- **Fuerzas nucleares (28%)**
- No sé (6%)
- No contesta (3%)
- Contradicciones y otras respuestas (1%)

8) En la siguiente lista marca a tu criterio dónde se producen transformaciones de energía nuclear en otras formas de energía:

- a) **Central nuclear (60%)**
- b) Pila común (21%)
- c) **Sol (28%)**
- d) Láser (17%.)
- e) **Bomba atómica (50%)**
- f) Central termoelectrica (que usa como combustible derivados del petróleo) (15%)
- g) Bomba de cobalto (17%)
- h) Otras. Mencionarlas (2%)
- i) No sé (13%)
- j) No contesta (4%)

9) Marca las palabras que asocies con energía nuclear:

- a) Luz (36%)
- b) Peligro (68%)
- c) Calor (52%)
- d) Renovable (13%)
- e) Contaminación (69%)
- f) Productividad (32%)
- g) Económica (26%)

- h) No sé (3%)
i) No contesta (4%)

10) En un reactor de una central nuclear, se produce una reacción nuclear que consiste en un choque de un neutrón a gran velocidad con un núcleo, que por el choque se parte en dos (fisión); cuando esto ocurre, una pequeña parte de la masa del átomo que se parte se transforma en energía.

a) En una bomba atómica se produce *igual* reacción nuclear a la descrita y además *controlada* (10%)

b) En una bomba atómica se produce *distinta* reacción nuclear a la descrita, y además *controlada* (6%)

c) **En una bomba atómica se produce *igual* reacción nuclear a la descrita, y además *no controlada* (38%)**

d) En una bomba atómica se produce *distinta* reacción nuclear a la descrita, y además *no controlada* (12%)

e) No sé (29%)

f) No contesta (5%)

11) Menciona todas las centrales nucleares que recuerdes que funcionan en nuestro país.

a) No menciona (66%)

b) Menciona una central (15%)

c) Menciona dos centrales (14%)

d) **Menciona tres centrales (5%)**

ANÁLISIS DE DATOS

Un análisis global de las respuestas de los alumnos nos permite interpretar que:

Cuestión 1:

Mayoritariamente responden que los materiales radiactivos emiten ondas y partículas ($37 \pm 5\%$), opción *c*, y sólo ondas obtiene ($29 \pm 5\%$), opción *b*. Sin embargo, no se advierte una tendencia muy definida. Por ejemplo, si sumamos la opción *a* (emisión de partículas) y la opción *b* (emisión de ondas), obtenemos un 47%, porcentaje mayor que el que logra la respuesta *c* (emisión de ondas y partículas), que es la científicamente aceptada.

Cuestión 2:

Llama la atención que un ($47 \pm 5\%$), opción *b*, adhiera a pensar que un material radiactivo sólo pierda energía al emitir, manteniéndose el mismo elemento. Aparentemente no se admite una modificación en el núcleo. Tal vez el modelo de Bohr y la instrucción recibida hasta el momento en química influye en este preconcepto de los alumnos.

Cuestión 3:

Los alumnos consideran que la emisión se mantiene constante a medida que transcurre el tiempo ($32 \pm 5\%$), opción *c*. El mismo porcentaje ($32 \pm 5\%$), opción *a* considera de manera adecuada que disminuye y responden *no sé* ($22 \pm 4\%$), opción *e*. La opción *b*, que propone un aumento de la radiación a medida que transcurre el

tiempo, obtiene muy bajo porcentaje (11 ± 3)%. Resumiendo, para los jóvenes encuestados, la radiación se mantiene constante o disminuye con el transcurrir del tiempo.

Cuestión 4:

El (78 ± 4)%, opción *a*, de los alumnos responde que los minerales están compuestos por átomos; también que los vegetales y los animales están compuestos por átomos, pero el porcentaje de respuestas es menor en estos casos: (55 ± 3)% obtiene la opción *b* y (60 ± 5)%, la *c*. Aproximadamente un 5% expresa que la mínima unidad de los seres vivos es la célula, mientras que algunos, en mucha menor proporción, dan como respuesta, en el caso de animales y vegetales: el agua, partículas y moléculas.

Cuestión 5:

Dado que no se puede dibujar a escala el átomo, hay un obstáculo instruccional que da lugar a que la respuesta mayoritaria sea la que expresa que el radio de la primera órbita sea aproximadamente el doble del radio del núcleo (32 ± 5)%, opción *a*. Las otras respuestas tienen porcentajes comparables entre sí, lo que nos hace pensar que el alumno no tiene una idea formada acerca de las dimensiones atómicas. Hay un 21%, opción *e*, que reconoce que no sabe.

Cuestión 6:

El (94 ± 3)% que obtiene la opción *a* nos indica que los estudiantes aceptan que existe una fuerza sobre el electrón en un átomo. En cuanto al origen, las respuestas son comparables: (35 ± 5)% y (34 ± 5)% entre eléctricas y magnéticas y, por otro lado, las gravitatorias (19 ± 4)% y nucleares (18 ± 4)%. También para esta cuestión podemos afirmar que los alumnos no tienen ideas formadas acerca del tipo de fuerza que actúa.

Cuestión 7:

Mayoritariamente dicen que existen fuerzas en el núcleo entre protones y neutrones (90 ± 3)%, opción *a*, aun cuando el (41 ± 5)% considera que estas fuerzas son magnéticas.

Dados los porcentajes que se logran en las respuestas de las cuestiones 6 y 7, consideramos que el 28% que responde fuerzas nucleares lo hace porque asocia la denominación al núcleo. También estas respuestas muestran que en los alumnos predominan las ideas de que las fuerzas magnéticas «atractivas» son componentes fundamentales en los fenómenos observados.

Cuestión 8:

Un porcentaje apreciable (60 ± 5)%, opción *a*, considera adecuadamente que se producen transformaciones de energía nuclear en otras formas de energía en una central nuclear, el sol (28 ± 4)%, opción *c* y en una bomba atómica (50 ± 5)%, opción *e*. Preocupa que consideren

un (21 ± 4)%, opción *b*, que en una pila común se transforme energía nuclear en otra forma de energía.

Cuestión 9:

Se advierte la tendencia de asociar energía nuclear con peligro (68 ± 5)%, opción *b*, o contaminación (69 ± 5)%, opción *e*, probablemente producto de la actual difusión ecologista.

Cuestión 10:

Un porcentaje razonable (38 ± 5)%, opción *c*, tiene idea de cuando se produce una reacción nuclear controlada. También se observa que un (29 ± 5)%, opción *e*, manifiesta desconocer este tema.

Cuestión 11:

Llama la atención el desconocimiento (66 ± 5)% de la existencia de las centrales nucleares del país. Sólo el (5 ± 3)% conocen tres. Dadas las características de las distintas zonas, se advierte que el conocimiento es instruccional y que no está instalado en la sociedad. Algunos alumnos mencionaron centrales hidroeléctricas en lugar de nucleares tales como el Chocón, y otra respuesta reiterada fue el Centro Atómico de Bariloche (Balseiro), confundiendo un centro de investigación con una central nuclear.

OTROS ANÁLISIS DE LOS DATOS RECOGIDOS

Con el fin de llevar a cabo una comparación de los porcentajes de las respuestas de los alumnos por zona geográfica, éstos se muestran en la tabla I y en los gráficos 1, 2 y 3, para tres preguntas seleccionadas al azar (3, 6 y 9) y para la tendencia global mayoritaria (3a, 6a, 9b).

Tabla I

Valores en tanto por ciento con su intervalo de confianza al 95% para las tendencias globales mayoritarias.

	NO	NE	CE	CO	S
3a	34±10	31±10	28±11	28±10	38±11
6a	93±6	93±6	89±8	95±5	95±5
9b	60±11	68±10	86±9	55±11	75±10

De las representaciones gráficas (gráficos 1 y 2) surge que las respuestas para distintas zonas del país son similares, en concordancia con estudios llevados a cabo en relación con temas de física que interesan a estudian-

Gráfico 1
Comparación de los tantos por ciento con su CI. 95% entre las distintas zonas para el ítem 3a.

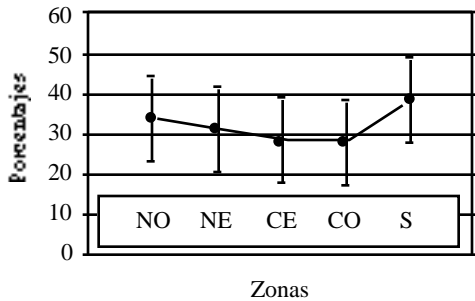


Gráfico 2
Comparación de los tantos por ciento con su CI. 95% entre las distintas zonas para el ítem 6a.

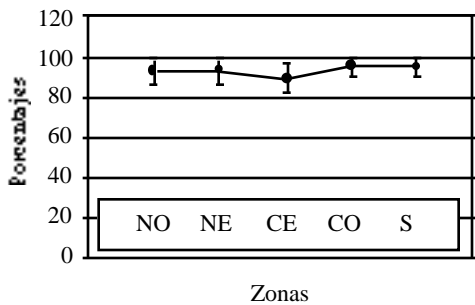
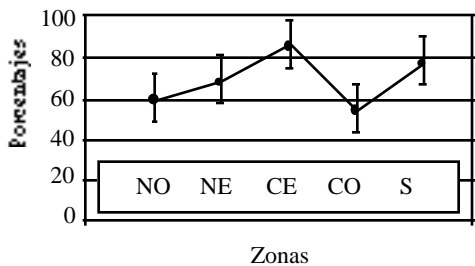


Gráfico 3
Comparación de los tantos por ciento con su CI. 95% entre las distintas zonas para el ítem 9a.



tes y profesores y con la formación de profesores en temas de física moderna (Capuano et al., 1997).

En el gráfico 3 se ve que existe una diferencia significativa entre las zonas CE-CO y CE-NO, dado que no se solapan los rangos determinados por los valores de los intervalos de confianza asociados a cada una de ellas. Para verificar si la diferencia observada entre las respuestas de las zonas mencionadas es estadísticamente

significativa, se realizó una prueba de hipótesis para igualdad de proporciones. Para $\alpha = 0,01$, la diferencia observada es muy significativa. Analizados los resultados por ciudad se observa que el menor porcentaje de respuesta (peligro, *b*), se registra en Córdoba próximo al 30% (CO) y el mayor, cercano al 90% en Capital Federal (CE). Por tratarse de una problemática instalada en la sociedad responde a sus estímulos: mayor porcentaje de respuestas (*b*, peligro) en zonas de fuerte campaña ecologista (Buenos Aires – zona CE) y menor en zonas donde es frecuente las visitas de colegios a centrales nucleares, en las cuales se difunden con extremo detalle las medidas de seguridad que se toman cuando se lleva a cabo un emprendimiento de generación de energía eléctrica utilizando energía nuclear (Córdoba – zona CO).

CONCLUSIONES

Del estudio realizado se pueden extraer las siguientes conclusiones:

1) Con respecto al fenómeno de radiactividad, el análisis de datos nos permite decir que aun sin poder diferenciar y especificar de qué radiación se trata, los alumnos tienen ideas de que la emisión existe, aunque piensan que el material, al emitir, pierde sólo energía sin modificar su estructura. En lo referente a los efectos (cantidad de radiación emitida), los alumnos en general piensan que se mantienen constantes o que disminuyen a medida que transcurre el tiempo. Probablemente eso se deba a la influencia de factores sociales; los medios de comunicación son vías importantes de construcción de ideas (Dominguez Castiñeira, 1997). La cuestión presentada no pretendía indagar acerca de si los alumnos podían diferenciar tiempos de decaimiento de distintos materiales.

2) La sociedad ha instalado en su seno una fuerte discusión acerca del problema contaminante radiactivo de los desechos nucleares, y son contados los casos en los cuales se menciona el decaimiento de la radiación. Cuando el decaimiento es lento, como en el caso del C14 y del Pu239 (semivida del orden de miles de años) en un lapso del orden de una centuria, resulta imperceptible la disminución de radiación. Por otro lado, cuando se aborda el tema de un decaimiento extremadamente lento, se concluye en que nada cambiará en relación con el peligro que implica la radiación para una o varias generaciones. Tal vez, sea ése el motivo por el cual en la cuestión 3 ocupe un papel relevante la opción *c*, que propone una radiación que se mantiene constante a medida que transcurre el tiempo.

3) En cuanto a las ideas de los alumnos acerca del átomo, podríamos decir que tienen conocimiento de que son constituyentes de la materia, pero en las respuestas se ve que hay una diferenciación entre la materia inerte y la materia viva; esto merecería un análisis más detallado. Acerca de las dimensiones del átomo, las respuestas muestran que no poseen una idea formada de ellas.

Puede ser causa de esto la acción de la instrucción, que en este caso no permite la realización de esquemas en escala, tal como ocurre con el sistema solar. No dudan de que existen fuerzas atómicas y nucleares, pero las ideas son ambiguas en cuanto al tipo de fuerzas de que se tratan. Es probable que la elección de fuerzas magnéticas en las respuestas en ambos casos (atómicas y nucleares) se asocie al hecho de pensar en las fuerzas magnéticas como solamente atractivas. Además, las fuerzas magnéticas son las más conocidas, ya que están presentes en la vida del hombre desde temprana edad y resultan menos abstractas que los otros tipos de fuerzas.

4) Identifican la energía nuclear con peligro y contaminación, probablemente influenciados por la gran cantidad de información que se recibe de los medios de comunicación. Es alto el porcentaje de alumnos que manifiesta desconocer el tema de fisión nuclear planteado a través de la reacción que se produce en una bomba atómica. También se desconocen mayoritariamente las centrales nucleares que funcionan en nuestro país.

5) Finalmente, los resultados obtenidos indican: la importancia de los aspectos sociales involucrados en el tema en el caso de las ideas de los alumnos sobre energía nuclear (de Posada y Prieto Ruz, 1990); el consenso que existe en algunos significados, que muestran aquellos porcentajes en general mayores al 50% (Pesa y Cudmani, 1997); y otras ideas de los alumnos que surgen en este trabajo y que proporcionan una base empírica para ideas sospechadas pero no investigadas concretamente.

Este tipo de investigaciones, aun cuando utilizan metodologías que limitan el alcance de los juicios de valor que se expresan en las conclusiones, proporcionan resultados que pueden ser utilizados como base de otros

estudios sobre el tema. Asimismo, la base empírica que proporciona la presencia de ideas en los alumnos sobre relatividad, estructura atómica y energía nuclear da pie al estudio de: *a) ¿cómo lograr el cambio conceptual (qué metodologías utilizar) cuando éstas no acuerdan con lo establecido científicamente?; b) ¿cómo evolucionan estas ideas y en qué etapa de dicha evolución conviene que estos temas formen parte de la currículos?; y finalmente, c) ¿qué modelos físicos utilizar, atendiendo a que los mismos no incurran en errores conceptuales y que además no provoquen en una etapa posterior del estudiante obstáculos epistemológicos insalvables que dificulten el aprendizaje de otros modelos más complejos y abarcativos? Algunas de estas líneas de investigación se vislumbran en la bibliografía citada.*

NOTA

* Este trabajo es parte de un proyecto de investigación aprobado por la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, de la Universidad Nacional de La Pampa, denominado «Análisis y estudio de temas de Física Moderna, innovaciones para su transferencia al aula». La dirección de este proyecto está a cargo del Ing. Vicente C. Capuano, Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, de la Universidad Nacional de Córdoba.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a los profesores de física de todo el país que colaboraron en la realización de las encuestas y a la Asociación de Profesores de Física de la Argentina (APFA), que a través de sus actividades nos permitió conocerlos. Sin los profesores, la asociación que los cobija y, por qué no, los alumnos, este trabajo no se hubiera podido llevar a cabo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALSOP, S. y WATTS, M. (1997). Sources from a Somerset Village: A model for Informal Learning about Radiation and Radioactivity. *Science Education*, 81, pp. 633-650.

AUSUBEL, D., NOVAK, L. y HANESIAN, H. (1996). *Psicología educativa. Un punto de vista cognoscitivo* (9a. ed.). México: Trillas.

BRAVO, A.A., MORALES, L. y GALAGOVSKY, L.R. (1997). Modelos científicos y modelos didácticos en la enseñanza de las ciencias naturales. Parte 2: Un ejemplo sobre modelos atómicos. *Memoria REF X*, Tomo I, 1c-06, Mar del Plata, Argentina.

CAAMAÑO ROS, A. y CASASSAS, E. (1987). La comprensión de la estructura de la materia y del cambio químico en estudiantes de 15 y 16 años. *Enseñanza de las Ciencias*, núm. extra, pp. 159-160.

CAPUANO, V., GUTIÉRREZ, E., PERROTTA, M., DE LA FUENTE, A. y FOLLARI, B. (1997). Física moderna: Ausente en la escuela media (tercer ciclo EGB y nivel polimodal). *Memoria REF X*, Tomo II, 2c-03, Mar del Plata, Argentina.

COLOMBO, L., SALINAS, J. y PESA, M. (1991). La generación autónoma de «conflictos cognoscitivos» para favorecer cambios de paradigma en el aprendizaje de la física. *Enseñanza de las Ciencias*, 9(3), pp. 237-242.

DE POSADA, J.M. y PRIETO RUZ, T. (1990). Exploraciones gráficas de ideas extraescolares de los alumnos sobre radiactividad. *Enseñanza de las Ciencias*, 8(2), pp. 127-130.

DE POSADA, J.M. (1993). Concepciones de los alumnos de 15-18 años sobre la estructura interna de la materia en el estado sólido. *Enseñanza de las Ciencias*, 11(1), pp. 12-19.

- DOMÍNGUEZ CASTIÑEIRA, J. (1997). *Las ciencias en la enseñanza secundaria. Notas de clase*. Seminario Diseño Curricular en las Ciencias Físicas. Facultad de Ingeniería, UNCBA, Argentina, pp. 2-9.
- DRIVER, R. (1986). Psicología cognoscitiva y esquemas conceptuales de los alumnos. *Enseñanza de las Ciencias*, 4(1), pp. 3-15.
- ENCISO, E., LLORENS, J.A. y SENDRA, F. (1987). La introducción al modelo corpuscular de la materia. Un estudio evolutivo. *Enseñanza de las Ciencias*, núm. extra, pp. 183-184.
- FERNÁNDEZ, P., GONZÁLEZ, E. y SOLBES, J. (1997). La inclusión de temas actuales de física en el polimodal. *Educación en Ciencias. Revista de la Universidad Nacional del General San Martín*, 1(3), pp. 5-10.
- FEYNMAN, R. (1971). *The Feynman Lectures on Physics*. Vol. III. Fondo educativo interamericano.
- GENTIL GONZÁLEZ, C., IGLESIAS BLANCO, A. y OLIVA MARTÍNEZ, J.M. (1989). Nivel de apropiación de la idea de discontinuidad de la materia en alumnos de bachillerato. Implicaciones didácticas. *Enseñanza de las Ciencias*, 7(2), pp. 126-131.
- GIL PÉREZ, D., SENENT, F. y SOLBES, J. (1986). Análisis crítico de la introducción de la física moderna en la enseñanza media. *Revista de Enseñanza de la Física*, 2(1), pp. 16-21.
- MEHEUT, M., LARCHER, C. y CHOMAT, A. (1988). Modelo de partículas en la iniciación a las ciencias físicas. *Enseñanza de las Ciencias*, 6(3), pp. 231-238.
- MONDELO ALONSO, M., GARCÍA BARROS, S. y MARTÍNEZ LOSADA, C. (1994). Materia inerte/Materia viva ¿tienen ambas constitución atómica? *Enseñanza de las Ciencias*, 12(2), pp. 226-233.
- MOREIRA, M.A. (1993). A teoria de educação de Novak e o modelo de Ensino Aprendizagem de Gowin. Fascículos do CIEF. *Serie Ensino Aprendizagem*, 4.
- MOZAS, T. y RUIZ, G. (1989). Introducción al modelo de partículas. *Enseñanza de las Ciencias*, núm. extra (III Congreso), tomo 2, pp. 281-283.
- NOVAK, J. (1992). *Teoría y práctica de la educación* (6a. ed.). Madrid: Alianza Universitaria.
- PESA, M. y CUDMANI, L. (1997). Sistematización de los resultados alcanzados en las investigaciones sobre concepciones alternativas. *Memorias REF X*, Tomo I, 2a-06. Mar del Plata. Argentina.
- PESA, M., CUDMANI, L. y BRAVO, S. (1995). Formas de razonamiento asociadas a los sistemas preconceptuales. *Caderno Catarinense de Ensino Física*. Brasil.
- PFUNDT, H. y DUIT, R. (1994). *Bibliography, Student's alternative frameworks and Science Education* (4a. ed.). Alemania.
- RAVIOLO, A., SIRACUSA, P. y HERBEL, M. (1997). Cambio de actitudes hacia la energía nuclear: experiencia en la formación de maestros. *Educación en Ciencias. Revista de la Universidad Nacional del General San Martín*, 1(3), pp. 24-31.
- SANZ, A., GÓMEZ CRESPO, M.A. y POZO, J.I. (1993). Influencia de la instrucción en la utilización del modelo de partículas. *Enseñanza de las Ciencias*, núm. extra (IV Congreso), pp. 281-282.
- SOLBES, J., CATALAJUD, M.L., CLIMENT, J. y NAVARRO, J. (1987). Errores conceptuales en los modelos atómicos cuánticos. *Enseñanza de las Ciencias*, 5(3), pp. 189-195.
- WALPOLE, R. y MYERS, R. (1992). *Probabilidad y estadística* (4a. ed.). Editorial McGraw Hill.

[Artículo recibido en diciembre de 1998 y aceptado en septiembre de 1999.]