



El imaginario social de la energía atómica en los manuales escolares españoles de Física y Química: análisis de un lenguaje específico

The social imaginary of the atomic energy in Spanish textbooks of Physics and Chemistry: analysis of a specific language

José M.^a González Clouté

Investigador asociado al Proyecto Manes de la UNED

pepecloute@gmail.com

M.^a Isabel González Gil

Universidad Complutense de Madrid

mariaisabelgonzalez@ucm.es

Miguel Somoza Rodríguez

*UNED y Universidad Nacional de Luján (Argentina)
Subdirector del Centro de Investigación MANES*

msomoza@edu.uned.es

RESUMEN • En este artículo se analiza el lenguaje específico utilizado en las lecciones nucleares y atómicas de los libros de texto españoles de Física y Química durante la segunda mitad del siglo xx.

A lo largo de este periodo, el imaginario social de la energía nuclear experimentó una importante evolución. Del entusiasmo inicial por la energía atómica se pasó a las dudas sobre su seguridad y utilidad. Esta transformación puede ser identificada en el cambio del lenguaje específico utilizado por los libros de texto.

En los primeros años, la investigación atómica fue descrita con un lenguaje pleno de imágenes bélicas, junto con expresiones religiosas y muchos cálculos exagerados del potencial de la energía nuclear. Los jóvenes estudiantes de la época construyeron un imaginario de la energía nuclear a partir de los libros de texto de Física y Química.

PALABRAS CLAVE: historia de la educación; libro de texto; física; química; didáctica.

ABSTRACT • This article analyzes the specific language used to impart nuclear and atomic lessons in Spanish Physics & Chemistry textbooks during the second half of the 20th century.

The social imaginary of nuclear energy experienced a major evolution throughout this period. Initial enthusiasm for atomic power gave way to doubts about the safety and usefulness. This transformation can be identified through the change in the specific language used by the textbooks.

In early years, atomic research was described with language that invoked images of war, coupled with the use of religious expressions and a lot of exaggerated estimates of potential nuclear energy. Young students formed an imaginary of nuclear energy based on the Physics & Chemistry textbooks in use at the time.

KEYWORDS: history of education; textbook; physics; chemistry; didactics.

Recepción: septiembre 2015 • Aceptación: diciembre 2015 • Publicación: junio 2016

González Clouté, J.M., González Gil, M. I., Somoza Rodríguez, M., (2016) El imaginario social de la energía atómica en los manuales escolares españoles de Física y Química: análisis de un lenguaje específico. *Enseñanza de las Ciencias*, 34.2, pp. 151-166

INTRODUCCIÓN

La sorpresa no es una emoción habitual en la lectura de los libros escolares de ciencias. Sus páginas suelen completarse con breves conceptos, leyes de la naturaleza y demostraciones matemáticas. Sin embargo, existe una excepción que presentamos en este artículo por su originalidad e interés histórico-educativo. Se trata del lenguaje de las lecciones atómico-nucleares de los manuales escolares españoles de Física y Química de la segunda mitad del siglo xx escritos en castellano,¹ en el que se aprecian algunas desconcertantes expresiones que reclaman un inexcusable análisis detallado.

Anotamos como premisa la consideración exclusiva como manuales escolares a los libros utilizados en el proceso reglado de enseñanza y aprendizaje mediante una «exposición ordenada y secuencial de una disciplina escolar» (Ossenbach, 2010), textos que aportan al alumno los datos relevantes de cada materia en un curso determinado.

Los manuales escolares reflejan las formas de vida, los sentimientos y los ideales de cada periodo histórico, siendo también testimonio de los métodos pedagógicos y del lenguaje escolar vigente. Además, se consideran pruebas del desarrollo científico, educativo y social de cada época, y se acepta su condición de fuentes indispensables para los historiadores de la educación y de las disciplinas, ya que permiten «reconstruir la historia del currículo y de la escuela» (Tiana, 2000). Las investigaciones sobre la presencia de ciertos temas relevantes en los manuales, junto con el análisis de su contenido histórico-lingüístico, permiten sacar a la luz las mentalidades de los autores de los libros y comprobar la evolución de los imaginarios sociales.

El análisis de los libros de texto de Física y Química se enfrenta, como primer obstáculo, a la frecuente distorsión de la imagen científica ofrecida en unos manuales escolares, a menudo exentos de la información histórica y filosófica necesaria (Solaz-Portolés, 2010), o con una visión descontextualizada y socialmente neutra de la ciencia (Fernández, Gil, Carrascosa, Cachapuz y Praia, 2002) que da lugar a una imagen puramente analítica e ingenua. Sin embargo, las lecciones atómico-nucleares abordadas –alternando en el tiempo su pertenencia a la Química, a la Física y en ocasiones a la Atomística– son un caso excepcional, pues incluyen la palpitable actualidad de unos descubrimientos científicos que incidieron notablemente en la historia del siglo xx.

En las descripciones revisadas en los libros, los investigadores hemos detectado un lenguaje con abundantes analogías violentas cuyo estudio involucra a los historiadores del currículo, a los de la didáctica de la materia en su vertiente de *naturaleza de la ciencia* (NdC),² paradigma heredero de las propuestas del movimiento CTS (García-Carmona, Vázquez, y Manassero, 2011), y también a los que investigan las mentalidades sociales. Junto a las expresiones violentas, hemos encontrado otras de carácter místico religioso, así como continuas alusiones al extraordinario poder energético del átomo.

Dagher (1994) define las analogías como relaciones entre los contenidos abstractos y los de la realidad concreta del ámbito familiar del alumno. Desde un punto de vista constructivista, el razonamiento analógico es fundamental en el proceso de aprendizaje, pues su utilización es necesaria para que el

1. Un análisis más completo sobre los manuales escolares de Física y Química de la segunda mitad del siglo xx se encuentra en la tesis doctoral de José M.^a González Clouté, dirigida por Miguel Somoza Rodríguez. La tesis doctoral se completó durante una licencia de estudios concedida por la Junta de Castilla y León.

2. La NdC es un metaconocimiento sobre la propia ciencia (García-Carmona, Vázquez y Manassero, 2011) que lleva consigo el trabajo interdisciplinar de diferentes especialistas. Marín, Benarroch y Mansoor (2013) encuentran tres líneas de investigación confluyentes en la NdC: la epistemológica, la basada en la dimensión cognitiva y la que surge de la tradición investigadora del movimiento CTS. Del mismo modo que nuestro trabajo indaga sobre el lenguaje sesgado de los manuales escolares de Física y Química, la NdC se ha interesado por las visiones deformadas de la ciencia transmitidas por la enseñanza (Fernández *et al.*, 2002), que constituyen un gran obstáculo en la renovación científica.

alumno acceda al conocimiento y a la comprensión de conceptos que le son desconocidos. La analogía facilita el aprendizaje de los alumnos con menos ideas previas sobre un campo de conocimiento. Una prueba del uso relevante de este recurso didáctico en las disciplinas científicas es el estudio de Fernández, González y Moreno (2005) realizado sobre 84 manuales españoles de Ciencias de la Naturaleza, editados en los cinco últimos años del siglo xx. Se encontraron 399 analogías, y los autores señalan que es un promedio bajo respecto a las investigaciones realizadas en otros países.

En los manuales escolares, son los escritores, profesores en su mayoría, los que generan la analogía (Galagovsky y Adúriz-Bravo, 2001) porque dominan el tema científico que van a transmitir y lo acercan a situaciones próximas al alumno-lector del texto. Pero, muchas veces, el análogo no es lo suficientemente conocido, e incluso puede llegar a ser tan complejo, o más (Oliva, Aragón, Mateo y Bonat, 2001), que el concepto abstracto. De lo que no cabe duda es que las analogías bélicas de los libros analizados nos sirven para identificar los conceptos que el autor del manual consideraba abstractos y complejos, y aquellos que suponía familiares y próximos para el alumno.

¿Cuándo surge este lenguaje específico? ¿Se inicia entre los científicos europeos en los albores de un conflictivo siglo xx o es característico de los autores españoles de los manuales de Física y Química del comienzo de la segunda mitad del siglo xx? No hay respuesta sin recordar primero que los pioneros del núcleo del átomo estuvieron inmersos en graves conflictos mundiales, que los escritores españoles sobrevivieron a una cruenta guerra civil y a dos guerras mundiales y que muchos de ellos sufrieron las depuraciones políticas de la dictadura y la censura del nacional-catolicismo propia del régimen franquista imperante.

A continuación, presentamos las primeras expresiones de los pioneros del átomo, analizamos sus citas y las de los manuales escolares posteriores, las cuales se poblaron de contenido bélico, y en ocasiones místico, y en las que había abundantes menciones al poder energético del átomo.

El discurso de los pioneros de la investigación atómica

La era atómico-nuclear comenzó su andadura en los años finales del siglo xix con los descubrimientos de Antoine Becquerel de unas nuevas radiaciones, que denominó *rayons uraniques* (Bequerel, 1896). Luego, en las primeras décadas del siglo xx, fue localizado el núcleo del átomo y se elaboró un nuevo modelo sobre la materia. El mérito de estas investigaciones correspondió a E. Rutherford, H. Geiger y E. Marsden, quienes sentaron las bases del modelo³ nuclear atómico, «the “nucleus” theory of the atom» (Rutherford, 1914), tras diversos experimentos de detección de las desviaciones que sufrían las partículas alfa emitidas por isótopos radiactivos al incidir sobre unas finísimas láminas metálicas. Rutherford (1936) describió el experimento con la frase «It was quite the most incredible event that has ever happened to me in my life. It was almost as incredible as if you fired a 15-inch shell at a piece of tissue paper and it came back and hit you».⁴

Esta violenta analogía sirvió para la divulgación de los hallazgos precedentes. Es muy posible que el carácter de esta estuviera influido por el contexto del primer tercio de siglo en Europa, un periodo con abundantes enfrentamientos armados, como la Primera Guerra Mundial, en la que el neozelandés Rutherford había colaborado con la marina británica en la detección de submarinos.

3. Sin olvidar la previsión inicial que realizó el físico japonés H. Nagaoka de un modelo planetario para el átomo, el denominado *Saturnian system* (Nagaoka, 1904).

4. «Fue el suceso más increíble que ha acontecido en mi vida. Fue casi tan increíble como si hubieras disparado un proyectil de 15 pulgadas sobre un papel de seda y rebotara golpeándote» (La traducción de esta cita y de las siguientes son de los autores).

Pero Rutherford no fue el único que usaba expresiones militares en la divulgación científica. Los primeros años de la historia atómico-nuclear, situados entre dos guerras mundiales, influyeron en la vida y en la obra de otros investigadores del núcleo atómico, como Curie, Fermi, Bohr, Heisenberg, Strassmann, Meitner o Chadwick, quienes utilizaron expresiones similares, que llegaban al público a través de sus libros y artículos. Se iba así, poco a poco, construyendo un imaginario social atómico íntimamente imbricado con los enfrentamientos citados.

Los científicos franceses fueron a su vez precursores en el uso de términos violentos; Pierre Curie (1905), por ejemplo, señaló que las partículas alfa se comportaban como proyectiles: «The α -rays, similar to the Goldstein's canal rays, behave like projectiles...».⁵ También Irene Curie y Frédéric Joliot (1934) se apoyaron en sus expresiones de bombardeos y capturas: «... lorsqu'on les bombarde avec les rayons α du polonium», «un noyau $^{13}\text{Al}^{28}$, formé à partir de $^{12}\text{Mg}^{25}$ par capture de la particule α et émission d'un proton», «... de créer des radioéléments nouveaux par bombardement...».⁶

Muchas de las expresiones bélicas que se fueron introduciendo en las descripciones nucleares parecen haber sido originadas por la famosa analogía del físico neozelandés comentada anteriormente. James Chadwick, que trabajó con Rutherford en el Laboratorio Cavendish de Cambridge y que confirmó la existencia del neutrón, escribió en 1932 una famosa carta en *Nature*: «It has been shown by Bothe and others that beryllium when bombarded by α -particles of polonium... The capture of the α -particle by the Be-9 nucleus may be supposed to result in the formation of a C-12...» (Chadwick, 1932).⁷ Luego, en la aceptación del Nobel, mencionó de nuevo los bombardeos con partículas α : «Later, Bothe and Becker showed that γ -radiations were excited in some light elements when bombarded by α -particles» (Chadwick, 1935).⁸

Los constructores de los primeros aceleradores de partículas, Walton y Cockroft, incluyeron en sus escritos los términos *bombardeo* y *captura*, junto a términos menos agresivos como *partículas aceleradas* o *haces de partículas*: «We found also that similar effects were produced by the deuteron bombardment of carbon...» (Cockroft, 1951).⁹ Cockroft también usó otras expresiones más cuidadas como *fuentes de neutrones*: «This accelerator has been used at Harwell to produce an intense pulsed source of neutrons» (Cockroft, 1951).¹⁰

Los investigadores italianos que encontraron la utilidad de los neutrones lentos usaron también el verbo *bombardear*: «Desidero riferire in questa lettera sopra alcune esperienze destinate ad accertare se un bombardamento di neutroni...» (Fermi, 1934),¹¹ pero también la expresión menos violenta de *fuentes de partículas* en lugar de *proyectiles*: «It seemed therefore convenient to try the effect of a neutron bombardment... Available neutron sources are, of course, much less intense than α -particles or proton or deuteron sources» (Fermi, Segrè, Amaldi, D'Agostino y Rasetti, 1934).¹²

Y al otro lado del Atlántico, el estadounidense Ernest O. Lawrence, inventor del ciclotrón, escribió sobre la radiactividad artificial inducida por neutrones con los términos *bombardeo* y *blanco (target)*. Como en el caso italiano, Lawrence usó también la expresión *haz de neutrones (beam of neutrons)*: «In

5. «Los rayos alfa, parecidos a los rayos canales de Goldstein, se comportan como proyectiles...».

6. «... cuando se bombardea con los rayos α del polonio»; «un núcleo de $^{13}\text{Al}^{28}$, formado a partir de $^{12}\text{Mg}^{25}$ por captura de una partícula α y emisión de un protón»; «... de crear radioelementos nuevos por bombardeo...».

7. «Ha sido demostrado por Bothe y otros que el berilio cuando es bombardeado por las partículas α del polonio...»; «La captura de una partícula α por el núcleo de Be-9 puede causar la formación de un C-12...».

8. «Más tarde, Bothe y Becker publicaron que las radiaciones γ eran excitadas u originadas en algunos elementos ligeros cuando se las bombardeaba con las partículas α ».

9. «Encontramos también que efectos similares fueron producidos por el bombardeo del carbono con deuterio...».

10. «Este acelerador ha sido usado por Harwell para producir una intensa fuente de neutrones».

11. «Quiero informar en esta carta sobre algunas experiencias destinadas a verificar si un bombardeo de neutrones...».

12. «Pareció por lo tanto conveniente intentar el efecto del bombardeo de neutrones... Las fuentes disponibles de neutrones son, desde luego, mucho menos intensas que las partículas α o las fuentes de protones o deuterones».

these observations the substances were exposed for about five minutes to a beam of neutrons from a beryllium target bombarded by one microampere of 2.6 MV deuterons» (Lawrence, Livingston y Henderson, 1934).¹³

Como vemos, las expresiones violentas fueron habituales en las comunicaciones de los investigadores pioneros del interior del átomo, tanto en franceses como en británicos, italianos o estadounidenses.

En nuestro país, los científicos que se acercaron en esos años a la radiactividad, como Muñoz del Castillo¹⁴ o Díaz de Rada,¹⁵ se dedicaron principalmente a la localización de manantiales de aguas minerales radiactivas y a estudiar algunos efectos de la radiactividad sobre los seres vivos (De Pedro, 1996; Herrán, 2006, 2007 y 2008), pero no abordaron la investigación básica sobre el núcleo del átomo, que sería poco a poco la que, por sus importantes aplicaciones, iría introduciéndose en los manuales escolares españoles.

Análisis de contenido de los manuales de Física y Química

El estudio de la historia a través de los documentos que la cultura escolar ha dejado en su camino es una alternativa a la tradicional historia descriptiva y un intento de comprensión de la realidad compleja del momento.

Nuestra investigación inicial, enmarcada en el denominado *paradigma cualitativo*, realizó el análisis de contenido de las lecciones atómico-nucleares en más de 200 manuales de Física y Química de planes de estudio de bachillerato y de formación profesional. Los libros más antiguos pertenecían al plan de estudios de 1938, que todavía estaba vigente en los primeros años cincuenta, y los últimos a los planes de la LOGSE.¹⁶ En concreto, fueron 19 textos del plan de 1938; 17 del plan de 1953; 32 del plan de 1957; 4 del plan del PREU de 1959 y 10 del PREU de 1963; 8 del bachiller elemental de 1967; 15 del Aprendizaje y Maestría Industrial, junto a 14 del bachiller laboral y técnico, todos de los años sesenta; 33 de BUP y 28 de FP, ambos de la LGE de 1975, 21 del COU de 1978 y siguientes; 7 de los años experimentales de la reforma de las enseñanzas medias de los años ochenta, y por último, 11 libros de la ESO y bachillerato de la LOGSE de 1990.

Intentamos que la muestra fuera amplia y representativa, e incluimos para ello cincuenta editoriales diferentes, tanto laicas como confesionales. Para la localización de los libros que verdaderamente se usaron, la práctica de la reedición nos ayudó a menudo en la selección, pues, aunque los textos escolares son un instrumento eficaz en la creación de nuevos valores, aprendizajes y mentalidades en cada época, a la hora de interpretar el alcance de su influencia, el rigor metodológico exige que se estudien dentro del conjunto de las prácticas del aula (Ossenbach, 2010). Las editoriales que aportan más textos a la muestra primigenia son Anaya (15), Everest (15), Librería General de Zaragoza (13), SM (13), Edelvives (12), Summa (11), Bruño (11) y Larrauri (10).

13. «En estas observaciones las sustancias fueron expuestas durante aproximadamente cinco minutos a un haz de neutrones de un blanco de berilio bombardeado por deuterones de 2.6 MeV y 1 microamperio».

14. José Muñoz del Castillo fue catedrático de Física y Química del Instituto de Segunda Enseñanza de Logroño, posteriormente catedrático de Física Experimental de la Universidad de Zaragoza durante los años 1880 y 1881, y luego de Química Inorgánica (Mecánica Química) de la Universidad Central de Madrid. Escribió en la primera década del siglo xx diversos artículos sobre la radiactividad en varias revistas como *Anales de la Sociedad Española de Física y Química* y *Anales de la Sociedad Española de Hidrología Médica*.

15. Faustino Díaz de Rada fue químico y vicedirector del Instituto de Radioactividad; escribió entre 1914 y 1929 diferentes monografías sobre aguas radiactivas. Estos artículos pueden consultarse en la Biblioteca de la Real Academia Nacional de Farmacia.

16. Los libros son de las siguientes bibliotecas: Biblioteca Nacional de España (Madrid), Biblioteca Central y Biblioteca MANES de la UNED (Madrid), Centro Internacional de la Cultura Escolar de Berlanga de Duero y fondos de profesores.

El análisis de contenido es un procedimiento válido y fiable en la extracción de la información existente en los libros, pues permite analizar las comunicaciones escritas y visuales de estos que posibilitan el análisis y la descripción del contenido de la comunicación de forma objetiva y sistemática. Es a la vez un procedimiento cuantitativo y cualitativo, y posee, entre otras, cuatro características fundamentales: objetividad, mediante el empleo de procedimientos de análisis reproducibles para verificar los resultados, sistematización, cuantificación y contenido manifiesto y oculto.

El análisis de contenido es también un proceso complejo que requiere un gran esfuerzo y en el cual el investigador desempeña un papel de gran importancia, originalidad y creatividad (Fox, 1987); para Fox, los objetivos en este ámbito son: la clasificación, el resumen y la tabulación de grandes cantidades de datos para su procesamiento posterior, que permitan alcanzar el nivel manifiesto –lo que el sujeto ha dicho–, y también el nivel latente, que busca la motivación subyacente.

Para la sistematización de la toma de muestras elaboramos dos fichas de trabajo y una base de datos general de manuales. La ficha de datos inicial preparada para las investigaciones preliminares recoge, por una parte, los datos técnicos del manual y, por otra, los siguientes eventos –*evento* como aparición de un texto o imagen determinados con una función específica (Jiménez y Perales, 2001)–: mensajes en las introducciones y prólogos, aparición de nomenclaturas y convenios internacionales, novedades científicas, uso de herramientas matemáticas destacables, inclusión o no de prácticas de laboratorio, tipos de ejercicios y problemas, utilización o no de la historia de la ciencia y de valores en las explicaciones e imágenes. Esta primera ficha de datos nos permitió realizar un primer trabajo sobre el código disciplinar¹⁷ de la Física y Química.

La segunda ficha de recogida se centra ya en el tema del átomo y es la que soporta esta investigación sobre el lenguaje especial nuclear. Fue construida tras los indicios de las expresiones bélicas y de los detalles históricos sobre la energía nuclear encontrados en el primer estudio, que contrastaban con la ausencia de comentarios similares en otros capítulos de Física o Química. Hay que dejar constancia de que aproximadamente la mitad de los libros estudiados de inicio no trataban el tema nuclear por no estar incluido en el currículo oficial del curso correspondiente, con lo que la muestra se reducía a un centenar de manuales escolares.

Esta segunda ficha contaba con siete apartados: expresiones de carácter violento o religioso de las lecciones investigadas; propiedades de la radiactividad, en especial su efecto biológico; aplicaciones de esta; explicaciones sobre el poder energético atómico; peligros de la radiactividad, y accidentes nucleares e imágenes sobre los eventos anteriores y explicaciones sobre ellas. En este artículo hemos realizado una selección, tomada de unos treinta manuales escolares, de las descripciones sobre tres de los eventos analizados en la investigación global: el poder energético del átomo, las frases de carácter religioso y las de tipo bélico de las lecciones analizadas. Es una pequeña muestra descriptiva de lo encontrado en nuestro trabajo.

RESULTADOS

El poder energético del átomo

Los pioneros de las investigaciones radiactivas calcularon el valor energético de la transformación nuclear: «1 g de radium dégage une quantité de chaleur qui est de l'ordre de 100 petites calories par

17. El código disciplinar confiere carácter a una disciplina; para Raimundo Cuesta (2002), es «el conjunto de ideas, valores, suposiciones, reglamentaciones y rutinas prácticas»; para Antonio Viñao (2006), está formado por «un cuerpo de contenidos (saberes, destrezas, técnicas, habilidades), un discurso o argumentos sobre el valor formativo y la utilidad de los mismos, y unas prácticas profesionales».

heure» (Curie y Laborde, 1903).¹⁸ «... one kilogram of the radium-emanation and its products would initially emit energy at the rate of 14,000 horse-power, and during its life would give off energy corresponding to about 80,000 horse-power for one day» (Rutherford, 1908).¹⁹ Eran valores extraordinarios que seguramente llamarían la atención de los diferentes gobiernos por las posibles aplicaciones energéticas y militares; y las primeras noticias sobre estas confirmaron ese poder nuclear devastador.

Los libros de texto no fueron ajenos a esas informaciones. En los manuales de la segunda mitad del siglo xx encontramos algunos datos numéricos y abundantes adjetivos laudatorios hacia la energía nuclear con fines bélicos o industriales. Así, los autores de los manuales españoles calificaron la energía nuclear de «gigantesca» (Mingarro y Aleixandre, 1947), «colosal» (Catalán y León, 1950), «valores extraordinarios» (Nagore, 1954), «inmensa» (Burbano y Martín, 1956), «fantástica» (Mendiola, 1958), «inagotable» (Burbano y Martín, 1960), «fabulosa» (Feo e Izquierdo, 1965), «tremenda» (Fidalgo, 1977), «gigantesca» (Gutiérrez y Fernández, 1990), «enorme» (Martínez, Riaño, Couselo y Castrillo, 1990), «fabulosamente alta» (Galindo, Moreno, Benedí y Varela, 1998), etc. No hay ningún otro tipo de energía con expresiones semejantes. La producción hidroeléctrica, de tanta tradición en los años del franquismo, no tuvo nunca comentarios tan positivos; tampoco la solar o la eólica de épocas posteriores, a pesar de que llevaron a España, a finales del siglo xx, a encabezar la producción de energías alternativas.

En los años estudiados, la cuantificación de la energía del núcleo se trasladó a los manuales mediante comparaciones con un combustible tradicional como el carbón. Los datos que se incluyeron en los libros estaban siempre volcados a favor del combustible nuclear. El sesgo se conseguía usando como referencia una base poco estable como el carbón, que posee una riqueza en carbono variable, para valorar un combustible nuclear del que no se especificaba si era mineral de uranio, isótopo U-235, U-238 o uranio elemento; y los resultados son muy diferentes en cada caso. Una muestra de las expresiones es la siguiente:

1 g de uranio en fisión nuclear libera $2 \cdot 10^{10}$ calorías... La energía liberada correspondería a 70.000.000.000 de Kcal, equivalentes a la combustión de 8.800 toneladas de carbón... (Cabezas, 1958).

1 gramo de uranio que se fisiona produce $2,4 \cdot 10^{10}$ cal, alrededor de 3 millones de veces más que el calor desarrollado en la combustión ordinaria de 1 gramo de carbón (Nagore, 1961).

1 gramo de carbón al quemarse en oxígeno desprende 8 kilocalorías... y la energía encerrada en un átomo de uranio es de 19 millones de kilocalorías... (Bruño, 1962).

... la fisión de 1 Kg de uranio 235 equivale a la energía producida por la combustión de 2500 toneladas de carbón y a la energía liberada en la explosión de 13000 toneladas de dinamita (Nagore, 1968).

En otros términos, 1 gramo de uranio produce la misma energía que 2,7 Tm de carbón (Miralles, Cotanda, Fernández y Ruiz, 1988).

Si 1 kg de carbón producía 30000000 julios, 1 kg de uranio-235 produce 8000000000000 julios, es decir, unos dos millones de veces más energía (Arribas, España, López y Morales, 1998).

Los datos actuales certifican un mayor rendimiento energético de la fisión del U-235 frente a la combustión del C-12 con un saldo favorable al U-235 de 2,5 millones de veces, pero si hacemos la comparación de rendimientos –utilizando minerales de origen español– entre mineral de uranio y carbón, el resultado es aproximadamente de 62. Los libros de texto de esos años presentaban informaciones incompletas sobre las propiedades energéticas del uranio y del carbón, orientando la comparación

18. «1 g de radio libera una cantidad de calor que es del orden de 100 pequeñas calorías por hora».

19. «... un kilogramo de la emanación de radio y sus productos emitirían inicialmente energía al ritmo de 14.000 CV, y durante su vida podrían dar aproximadamente una energía de 80.000 CV al día».

favorablemente hacia el combustible nuclear; además, los autores olvidaron frecuentemente los efectos biológicos de las emisiones y los riesgos radiactivos. Estos efectos y riesgos fueron incluyéndose poco a poco según avanzaba el siglo, como se lee en los dos manuales siguientes:

... la fisión produce gran cantidad de residuos radiactivos, algunos de ellos con un periodo extraordinariamente largo (Solbes y Tarín, 1996).

Los problemas que crea el almacenamiento de restos y el grave riesgo de accidentes nucleares hacen de ella una fuente de energía muy controvertida (Alonso, 1998).

Expresiones religiosas y de misterio

Durante la dictadura franquista, y debido a la confesionalidad del régimen, la Iglesia católica había alcanzado una gran preponderancia en el ámbito educativo. Por una parte, a través de las numerosas órdenes y congregaciones implicadas en la educación de los jóvenes. Por otra, mediante el desarrollo de proyectos editoriales como SM, Luis Vives, Bruño, Hechos y Dichos, Razón y Fe, Silos o Compañía Bibliográfica Española (Textos E. P.). Fue un periodo de nacional-catolicismo en el que varios autores de manuales de Física y Química, en su mayoría sacerdotes o hermanos católicos, utilizaron en la investigación atómico-nuclear citas místico-religiosas. Se escribieron, básicamente, en los libros de texto de editoriales católicas. Incluimos tres ejemplos:

... el Creador ha puesto en las manos del hombre un caudal inagotable de energía que éste va utilizando en su provecho en las formas más variadas... (Bruño, 1962).

Dios haga que las ingentes fuerzas que ha puesto en manos del hombre sirvan sólo para fines pacíficos, para el bien y el progreso de la humanidad (Marcos, Martínez y Rodrigo, 1958).

En el núcleo atómico se ha refugiado el misterioso secreto del mecanismo exacto de la desmaterialización de la materia y de la materialización de la energía, diferentes aspectos de una misma realidad profunda y primordial que sería la base de la existencia (Oñate, Santos y Benito, 1976).²⁰

Junto a los autores de las editoriales confesionales existieron otros, seculares, autores de libros de texto de Física y Química, que dejaron muestras de un marcado catolicismo. Reseñamos dos citas de los profesores Santiago Burbano y Roberto Feo:

Piensa, amigo lector, en estas cifras, mira al cielo y bendice al Dios de la Paz que todo lo creó, en manifestación de su grandeza, para tu utilidad y no para tu destrucción. Piensa en la cantera inagotable de energía que la Providencia pone a nuestro alcance (Burbano y Martín, 1956).

... diariamente se consigue aplicar a nuevos procesos la energía atómica en beneficio de la humanidad, obteniéndose beneficios tales que harán olvidar el mal uso, bombas atómicas, y nos inclinan a admirar la gran sabiduría de Nuestro Creador y darle las gracias por haber podido disponer de esta nueva fuente de energía (Feo, 1970).

Las expresiones bélicas de los manuales del siglo xx

En los relatos de las investigaciones sobre el interior de la materia, la construcción de reactores de energía nuclear o las transmutaciones atómicas, los autores de las tres décadas previas a la llegada de la democracia, 1950-1978, incluyeron repetidamente los siguientes términos: *ametralladora*, *artilleros*,

20. Estas citas religiosas que observamos en los libros de Física y Química fueron frecuentes también en manuales escolares de otras disciplinas en los años posteriores al final de la Guerra Civil, época de hegemonía católica en el bachillerato, desafiada, sin éxito, a partir de 1942, por los falangistas (Canales, 2012).

ataques, balas, bala de fusil, bombas, bombardeo, bombas de mano, bombardeando, bombardear, blanco de proyectiles, cadáveres, cañón, dianas, disparar, escopeta de caza, impactos, mortero, proyectiles, etc. Todos ellos se encuentran en las lecciones analizadas y forman parte de diferentes explicaciones y analogías, redactadas siguiendo a menudo la analogía primigenia de Rutherford, pero manteniendo o aumentando la violencia de la escena:

... los actuales elementos no radiactivos sean los cadáveres de los elementos radiactivos de épocas remotas... (Puente, 1945).

Rutherford en el año 1919, inició la desintegración de los elementos atacando al núcleo del nitrógeno, armado de una singular ametralladora... (Burbano y Martín, 1954).

A partir de 1919 los físicos «artilleros» se suceden. Ha inventado una nueva arma que llama «ciclotrón». Es algo así como si la bala disparada por un cañón entrase en otro y sufriese un nuevo «empujón», luego a otro y así, al cabo de varios empujones adquiriría una velocidad tremenda. Los cañones por los que pasa la bala –descargas eléctricas– están en una espiral y los proyectiles salen por la boca a velocidad vertiginosa... Los gritos de dolor de las víctimas llegaron a los oídos de Fermi. –Suavizaré un poco la violencia de mi ametralladora –se dijo compasivo– y frenó sus proyectiles, haciéndoles atravesar una capa de agua antes de llegar al metal atacado... (Burbano y Martín Blesa, 1956).

Los neutrones liberados en una fisión son capaces de realizar nuevas fisiones, que, liberando nuevos neutrones realizan el mismo fenómeno, propagándose, así, la fisión en toda la masa. El fenómeno es idéntico a arrojar una bomba de mano en un depósito de bombas de mano (Burbano y Martín Blesa, 1965).

... se produzcan por la vibración del núcleo al expulsar las partículas α y β , algo así como las ondas de trepidación que emite un mortero al lanzar el proyectil... (Edelvives, 1966).

Bombardeó con partículas α una película finísima de oro, cuyo espesor era de 0,00004 cm... (Furió, Gil, Gil y Llopis, 1970).

Rutherford preparó un «cañón» de partículas α que lanzó contra las grandes «moras macizas» del metal oro (Prats y Amo, 1983).

Entre todas las expresiones encontradas destacan las de uno de los escritores más prolíficos en esta disciplina: Santiago Burbano de Ercilla,²¹ autor de numerosos manuales de bachiller y formación profesional. Burbano utiliza para las explicaciones sobre el núcleo del átomo diversas expresiones militares, que en ocasiones llegan a ocupar páginas enteras, dejando constancia en esos libros de su permanente preocupación por el desarrollo de las armas nucleares.

La utilización de términos bélicos en los manuales disminuyó durante las dos décadas finales del siglo xx, aunque el verbo *bombardear* y el sustantivo *proyectil* continuaron presentes. El paulatino abandono de ese lenguaje puede atribuirse a la cada vez mayor distancia entre la memoria de los escritores y las situaciones o experiencias bélicas vividas; también a la tímida aparición de mujeres profesoras²² como escritoras de manuales escolares, hecho destacado del último cuarto del siglo xx. Además, en este

21. La *Física general* de Santiago Burbano es uno de los manuales de Física de mayor difusión en España, con la 1.ª edición publicada en 1945, y la última, la 32.ª edición, en el año 2003. Burbano fue profesor de Física Teórica en la Facultad de Ciencias de la Universidad de Zaragoza y director de la Academia Burbano de Zaragoza. Ideológicamente, perteneció a la Falange. Tenía fuertes ideas religiosas que aparecen a menudo plasmadas en sus manuales escolares.

22. Reseñamos las primeras profesoras escritoras de manuales de Física y Química que se introdujeron en un mundo predominantemente masculino: Josefina Martín García, catedrática en el Instituto Isabel la Católica de Madrid, que publicó para la editorial Magisterio Español S. A. en los años setenta y que continuó en los ochenta; María Luisa Fernández Castañón, catedrática de Física y Química de las Escuelas Universitarias, escribió manuales de los proyectos experimentales de los años ochenta del área de Ciencias de la Naturaleza, en libros editados por el Ministerio de Educación y Ciencia; María A. Olarte Madero y Ana Cañas Cortázar, catedráticas de enseñanza secundaria, escribieron sus textos para diferentes editoriales, como SM, Anaya y otras, y Yolanda del Amo Sanz, quien escribió con Félix Prats novedosos manuales escolares en los años de la reforma de las enseñanzas medias en la editorial Akal.

último periodo se incorporó una nueva generación de autores²³ de libros de texto, y con ellos el lenguaje militar se hizo más civil, se dio entrada a expresiones como *partícula incidente*, *flujo de partículas*, *colisión e incidir*, en lugar de *proyectil*, *projectiles*, *bombardeo* y *bombardear*.

La Real Academia Española introdujo, en la 18.^a edición de su diccionario del año 1956, la acepción física de *bombardear*: ‘someter a un cuerpo a la acción de ciertas radiaciones o al impacto de neutrones u otros elementos del átomo’ (RAE, 1956); dicha acepción se mantiene con pocas modificaciones en la 22.^a edición del diccionario de la RAE del 2001. Ningún otro término de carácter bélico de los mencionados anteriormente ha sido introducido por los académicos de la lengua española en su diccionario. Igualmente, la Real Academia de las Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, en su *Diccionario esencial de las ciencias* de 1999, usó solo el verbo *bombardear* para tratar los conceptos relativos a la radiactividad artificial y para las reseñas de los científicos pioneros en la investigación nuclear.

A la par que estas expresiones, las analogías de carácter bélico encontradas en los manuales escolares del periodo preconstitucional sobre la desintegración artificial, la fisión y fusión nuclear, las emisiones gamma o las reacciones en cadena sufrieron la misma evolución y fueron desapareciendo de los libros en las dos últimas décadas del siglo xx. Una excepción ha sido el experimento de la lámina de oro, que siguió usándose en violentas analogías, como las cuatro siguientes, y que en los textos van acompañadas de sorprendentes imágenes gráficas:

1. Disparos de un cazador sobre una tienda de campaña con una escopeta de caza:
Podemos obtener información sobre las dimensiones, forma y composición de un objeto pequeño situado en el interior de una tienda de campaña mediante una escopeta de caza. Algo similar ocurre con el experimento de Rutherford... (Bascones, Latorre, Moliner y Rius, 1987).
2. Disparos de balas de fusil sobre un fardo de paja:
Como las partículas alfa tienen mucha velocidad y, por tanto, mucha energía cinética, es como si una bala de fusil atravesara un fardo de paja... Tendrías que admitir que dentro del fardo había algo macizo, por ejemplo, trozos de metal en los que las balas rebotaban (López y Carretero, 1985).
3. Un aduanero disparando proyectiles sobre un carro de heno guiado por un tranquilo conductor:
La situación que se les planteó a Thomson y a Rutherford cuando estudiaban la constitución del átomo es similar a la preocupación de un policía de aduanas que sospecha que se está traficando con objetos metálicos introducidos en un cargamento de heno. No está autorizado a deshacer la carga y buscar los trozos de metal que supone hay en el interior. Decide disparar un número determinado de proyectiles a través del carro de heno (Peña, Pozas, García y Illiana, 1995).
4. Lanzamiento de canicas con los ojos cerrados contra una ventana enrejada:
Rutherford piensa que la mejor forma de conocer cómo es el átomo, que se muestra a sus ojos como una diana invisible, es disparar proyectiles sobre ella y observar qué pasa con los proyectiles. O de otra forma, para conocer cómo es el enrejado de una ventana con los ojos tapados, se puede lanzar canicas contra el mismo y luego contar las que caen a la calle. Lo mismo que sucede cuando se dispara con un fusil una ráfaga de balas contra un fardo de paja. Las balas atraviesan el fardo... (Andrés, Antón y Barrio, 1999).

Con el cambio de siglo, los manuales mantuvieron algunas de las violentas expresiones citadas. Frases con términos que resistieron el paso del tiempo y que se pueden seguir leyendo en los libros actuales. Destacan el verbo *bombardear* y el sustantivo *proyectil*, utilizados a la hora de lanzar o pro-

23. Entre esos escritores de los nuevos textos escolares de Física y Química, destacan los profesores Carlos Furió, Jordi Solbes, Daniel Gil, Amparo Vilches, Antonio Moreno, Manuel Belmonte, Félix Prats, Yolanda del Amo, etc.

yectar a gran velocidad partículas subatómicas sobre otras partículas o láminas de metal en diferentes experiencias.

Junto a los términos bélicos perduran también algunas analogías con el mismo carácter. La resistencia a su desaparición puede deberse a la muy amplia carrera productora de manuales²⁴ de algunos autores, que han mantenido en el siglo XXI los términos y las analogías del pasado. Así ocurre con varios escritores que continuaron trabajando en el nuevo siglo, como Tomás García Pozo, que escribió desde 1985 en Edebé; Ángel Peña, desde 1989 en McGraw-Hill; M.^a Dolors Masjuán, desde 1973 en Casals; José Luis Hernández Neira, desde 1989 en Bruño, y Dulce M.^a Andrés, en Editex desde 1995. Pero, cuantitativamente, las expresiones bélicas han disminuido y palabras como *ametralladoras*, *cañones*, *dianas*, *fusiles*, *núcleos heridos*, *víctimas*, etc., casi han desaparecido de las descripciones de la investigación atómica.

Conclusiones y sugerencias didácticas

Las primeras comunicaciones de los pioneros de la investigación atómica, Curie, Rutherford, Chadwick, Fermi y otros, contienen términos violentos como *bombardear*, *proyectiles*, *dianas*, etc., muy concordantes con el periodo bélico en el que vivieron.

En las lecciones atómico-nucleares de los manuales escolares españoles de Física y Química de los años cincuenta y sesenta del siglo XX, se utilizó también ese lenguaje específico, que incluyó, además, informaciones parciales sobre el poder energético nuclear, calificado de *inmenso*, *inagotable* y *extraordinario*, entre otros adjetivos elogiosos. Junto a las comparaciones energéticas desmesuradas se hicieron menciones místico-religiosas relacionadas con los conocimientos atómicos. El escritor aragonés Santiago Burbano fue el más destacado propulsor de las expresiones anteriores, todo ello dentro del entorno bélico-militar de una España franquista que contribuía a la proliferación de dicho lenguaje.

Con las frases y el vocabulario descrito, los escritores de los manuales escolares de la segunda mitad del siglo XX construyeron una gran analogía entre la investigación nuclear que lanzaba partículas a gran velocidad sobre los núcleos atómicos y las acciones armadas como bombardear, explotar, capturar objetivos, ametrallar y disparar proyectiles buscando diferentes blancos o dianas. Esa analogía atómico-bélica, junto con el lenguaje que la rodea, se convierte así en un elemento clave del código disciplinar de la Física y Química de ese periodo.

El lenguaje anterior se moderó en los años finales del siglo pasado, coincidiendo con la aparición de la mujer como autora de textos escolares de la disciplina. En el siglo actual todavía perduran algunos términos y analogías similares, quizá debido a la larga trayectoria de algunos escritores, lo que es un hecho habitual en esta disciplina escolar.

Las analogías, poderosos instrumentos didácticos, ven truncada su utilidad con el uso de imágenes mentales poco afortunadas para los procesos de enseñanza-aprendizaje. La analogía de Rutherford, que compara el descubrimiento del núcleo del átomo con el rebote de proyectiles enviados sobre papel, se consolidó y pervive en la mentalidad científica actual; su mención en el aula debe completarse con el recuerdo del periodo en el que fue expresada y la condición de investigador militar del científico neozelandés.

El imaginario social del núcleo atómico, construido con ayuda de los textos escolares, adquirió en ese periodo del siglo XX un carácter bélico y energéticamente sesgado, que tardará años en normalizarse; para conseguirlo, se sugiere a los escritores de manuales escolares la utilización de información

24. Esa perdurabilidad es una característica de nuestra disciplina, que queda en evidencia en libros como el *Tratado elemental de física experimental y aplicada y de meteorología con numerosa colección de problemas*, de Adolphe Ganot, manual sucesivamente editado en español entre 1853 y 1945.

rigurosa sobre la energía atómica y el uso de expresiones de tipo civil en la divulgación de la investigación nuclear.

El contexto histórico de los escritores de los manuales de Física y Química intervino en las opiniones vertidas en los capítulos. En temas de tanta trascendencia social como es el de la energía nuclear, la divulgación de ese contexto en la práctica educativa se nos antoja indispensable.

Además, el lenguaje y la presencia o ausencia de determinados contenidos deben ser evaluados por alumnos y profesores mediante el ejercicio de un análisis crítico pormenorizado de ese contexto histórico, social e ideológico que permita a los estudiantes comprender las implicaciones sociales de la ciencia y la tecnología, junto con sus repercusiones en todos los ámbitos (Solbes y Vilches, 2004), y así extraer sus conclusiones y ejercer su personal toma de decisiones sobre los temas energéticos.

Por último, pensamos que nuestra investigación sobre el lenguaje y los contenidos atómico-nucleares de los libros escolares del pasado siglo no puede limitarse a este, y debería ser un buen punto de partida para abordar el análisis de los manuales actuales, publicados en un periodo de mayor pluralidad política y diversidad educativa, en el que las diferencias ideológicas y lingüísticas sin duda introducirán nuevos enfoques al trabajo realizado.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

Manuales escolares

- ALONSO, J. de D. (1998). *Física y Química. 4.º ESO*. Madrid: SM.
- ANDRÉS, D. M.^a; ANTÓN, J. L. y BARRIO, J. (1999). *Física y Química. 4.º ESO*. Madrid: Editex.
- ARRIBAS, C., ESPAÑA, J. A., LÓPEZ, V. y MORALES, J. V. (1998). *Física y Química. 3.º ESO*. Zaragoza: Edelvives.
- BASCONES, F., LATORRE, M., MOLINER, J. F. y RIUS, J. M. (1987). *Física y Química. 2.º BUP*. Zaragoza: Edelvives.
- BRUÑO, G. M. (1962). *Física y Química. 4.º curso*. Madrid: Bruño.
- BURBANO, S. y MARTÍN, R. (1954). *Ampliación de Física. 6.º curso*. Zaragoza: Librería General.
- BURBANO, S. y MARTÍN, R. (1956). *Física. 5.º curso*. Zaragoza: Librería General.
- BURBANO, S. y MARTÍN, R. (1965). *Química. Preuniversitario*. Zaragoza: Librería General.
- BURBANO, S. y MARTÍN, R. (1960). *Nociones de Física y Química. 2.º Iniciación Profesional*. Madrid: AGI.
- CABEZAS, M. (1958). *Química. 5.º de Bachillerato*. Barcelona: Cabezasserra.
- CATALÁN, M. y LEÓN, A. (1950). *Física y Química. 5.º curso*, 4.^a ed. Madrid: Gráficas administrativas.
- EDELVIVES (1966). *Química. 5.º curso*. Zaragoza: Luis Vives.
- FEO, R. (1970). *Química. 5.º de Bachillerato*. Valencia: Bello.
- FEO, R. e IZQUIERDO, J. M. (1965). *Química. Preu*. Valencia: Bello.
- FIDALGO, J. A. (1977). *Física y Química. 3.º BUP*. León: Everest.
- FURIÓ, C., GIL, D., GIL, G. y LLOPIS, R. (1970). *Física y Química. 4.º Bachillerato*. Valencia: Los autores.
- GALINDO, A., MORENO, A., BENEDÍ, A. y VARELA, P. (1998). *Física. 2.º de Bachillerato*. Madrid: McGraw-Hill.
- GANOT, A. (1862). *Tratado elemental de física experimental y aplicada y de Meteorología con numerosa colección de problemas*. Madrid: Carlos Bailly-Bailliere, 3.^a ed. española digitalizada en la Biblioteca Virtual Miguel de Cervantes, año 2002. Disponible en línea: <<http://bib.cervantesvirtual.com/servlet/SirveObras/02426397211793495222202/index.htm>> (consulta: 2013, 20 de mayo).
- GUTIÉRREZ, J. F. y FERNÁNDEZ, E. (1990). *Química. 2.º FPII*. Bilbao: Larrauri.

- LÓPEZ, A. y CARRETERO, M. P. (1985). *Física y Química. 2.º BUP*. Barcelona: Vicens-Vives.
- MARCOS, C., MARTÍNEZ, J. y RODRIGO, D. (1958). *Química. 5.º de Bachillerato*. Madrid: SM.
- MARTÍNEZ, A., RIAÑO, J., COUSELO, J. y CASTRILLO, P. (1990). *Física y Química. 3.º BUP*. Madrid: Bruño.
- MENDIOLA, J. (1958). *Química. 5.º Bachillerato*. Santander: Edit. Cantabria.
- MINGARRO, A. y ALEIXANDRE, V. (1947). *Física y Química. 7.º curso*. Madrid: Summa.
- MIRALLES, L., COTANDA, V., FERNÁNDEZ, M. R. y RUIZ, A. (1988). *Física y Química. 3.º BUP*. Valencia: Ecir.
- NAGORE, E. (1954). *Física y Química. 4.º de Bachillerato*. Valencia: Ecir.
- NAGORE, E. (1961). *Química. 5.º de Bachillerato*. Valencia: E. López Mezquida.
- NAGORE, E. (1968). *Química. Preuniversitario*. Valencia: Ecir.
- OÑATE, C., SANTOS, M. y BENITO, J. A. (1976). *Física y Química. 2.º BUP*. Madrid: Silos.
- PEÑA, Á., POZAS, A. GARCÍA, J. A. e ILLIANA, J. C. (1995). *Física y Química. 3.º ESO*. Madrid: McGraw-Hill.
- PRATS, F. y AMO, Y. (1983). *Trabajos prácticos de física y química: (2.ª parte). 2.º BUP*. Madrid: Akal.
- PUNTE, J. (1945). *Compendio de Física elemental. 4.º, 5.º y 7.º Bachillerato*. 3.ª ed. Barcelona: Bosch.
- SOLBES, J. y TARÍN, F. (1996). *Física. 2.º Bachillerato*. Barcelona: Octaedro.

Otras referencias bibliográficas

- BECQUEREL, H. (1896). Sur diverses propriétés des rayons uraniques. *Comptes rendus des séances de l'Académie de Sciences*. T. CXXIII, 23 de novembre, pp. 855-858.
- CANALES, A. F. (2012). Falange y Educación: El SEPTEM y el debate sobre el bachillerato en los años cuarenta. *Educación XXI*. 15.1, pp. 219-239.
<http://dx.doi.org/10.5944/educxx1.15.1.157>
- CHADWICK, J. (1932). Possible Existence of a Neutron. *Nature*. n.º 3252, vol. 129, February 27, p. 312.
<http://dx.doi.org/10.1038/129312a0>
- CHADWICK, J. (1935). *The Neutron and Its Properties*. Nobel Lecture. Disponible en línea: <http://nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/1935/chadwick-lecture.html> (consulta: 2013, 18 de mayo).
- COCKCROFT, J. (1951). *Experiments on the Interaction of High-Speed Nucleons with Atomic Nuclei*. Nobel Lecture, pp. 167-184. Disponible en línea: <http://nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/1951/cockcroft-lecture.html> (consulta: 2013, 18 de mayo).
- CUESTA, R. (2002). El código disciplinar de la historia escolar en España: Algunas ideas para la explicación de la sociogénesis de una materia de enseñanza. *Encounters on Education*, vol. 3, pp. 27-41.
- CURIE, P. (1905). *Radioactive substances, especially radium*. Nobel Lecture. Disponible en línea: <http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/1903/pierre-curie-lecture.pdf> (consulta: 2013, 18 de mayo).
- CURIE, P. y LABORDE, A. (1903). Sur la chaleur dégagée spontanément par les sels de radium. Note de P. Curie et A. Laborde, présentée par M. Lippmann *Comptes rendus des séances de l'Académie de Sciences*. T.CXXXVI, 16 de marzo de 1903, pp. 673-675.
- CURIE, I. y JOLIOT, F. (1934). I. Production artificielle d'éléments radioactifs II. Preuve chimique de la transmutacion des éléments. *Journal de Physique*. 20 mars 1934, pp. 153-156.
- DAGHER, Z. (1994). Does the Use of Analogies Contribute to Conceptual Change? *Science Education*, 78(6), pp. 601-614.
<http://dx.doi.org/10.1002/sci.3730780605>

- DE PEDRO, F. (1996). Los primeros estudios de la radiactividad en España. 100 años de radiactividad. *Revista de la SNE*, 153, 30 de abril, p. 24.
- FERMI, E. (1934). Radioattività indotta da bombardamento di neutroni. *La Ricerca scientifica*, anno V, vol. I, n.º 5, p. 283.
- FERMI, E., AMALDI, E., D'AGOSTINO, O., RASETTI, F. y SEGRE, E. (1934). Artificial Radioactivity Produced by Neutron Bombardment. *Proceedings The Royal Society London*, 146, pp. 483-500. <http://dx.doi.org/10.1098/rspa.1934.0168>
- FERNÁNDEZ, I., GIL, D., CARRASCOSA, J., CACHAPUZ, A. y PRAIA, J. (2002). Visiones deformadas de la ciencia transmitidas por la enseñanza. *Enseñanza de las Ciencias*, 20 (3), pp. 477-488.
- FERNÁNDEZ, J.; GONZÁLEZ, B. M. y MORENO, T. (2005). Hacia una evolución de la concepción de analogía: Aplicación al análisis de libros de texto. *Enseñanza de las Ciencias*, 23 (1), pp. 33-46.
- FOX, D. J. (1987). *El proceso de investigación en educación*. Pamplona: Eunsa (2.^a ed.).
- GALAGOVSKY, L. y ADÚRIZ-BRAVO, A. (2001). Modelos y analogías en la enseñanza de las Ciencias Naturales. El concepto de modelo didáctico analógico. *Enseñanza de las Ciencias*, 19 (2), p. 236.
- GARCIA-CARMONA, A., VÁZQUEZ, A. y MANASSERO, M. A. (2011). Estado actual y perspectivas de la enseñanza de la Naturaleza de la Ciencia: Una revisión de las creencias y obstáculos del profesorado. *Enseñanza de las Ciencias*, 29 (3), pp. 403-412.
- HERRÁN, N. (2006). *Radioactividad en España: Ascenso y declive del Instituto de Radiactividad, 1904-1929*. Tesis dirigida Xavier Roqué. CEHIC. Universidad Autónoma de Barcelona.
- HERRAN, N. (2007). «A Subversive Element» Science, Politics and the Early Appropriation of Radioactivity in Spain. 6 th International Conference on the History of Chemistry. Leuven (Belgium), 28 August - 1 September, p. 184.
- HERRÁN, N. (2008). *Aguas, semillas y radiaciones: el Laboratorio de radiactividad de la Universidad de Madrid, 1904-1929*. Madrid: CSIC, Colección Estudios sobre la Ciencia, n.º 52.
- JIMÉNEZ, J. D. y PERALES, F. J. (2001). Aplicación del análisis secuencial al estudio del texto escrito e ilustraciones de los libros de Física y Química de la ESO. *Enseñanza de las Ciencias*, 19, 1, pp. 3-19.
- LAWRENCE, E. O., LIVINGSTON, M. S. y HENDERSON, M. C. (1934). Radioactivity artificially induced by neutron bombardment. *Proc. of the National Academy of Sciences of the USA*, 20(8), pp. 470-475. <http://dx.doi.org/10.1073/pnas.20.8.470>
- MARÍN, N., BENARROCH, A. y MANSOOR, N. (2013). Revisión de consensos sobre naturaleza de la ciencia. *Revista de Educación*, 361, Mayo-agosto, pp. 117-140.
- NAGAOKA, H. (1904). Kinetics of a System of Particles illustrating the Line and the Band Spectrum and the Phenomena of Radioactivity. *Philosophical Magazine*. Series 6, vol. 7, May, pp. 445-455. <http://dx.doi.org/10.1080/14786440409463141>
- OLIVA, J. M., ARAGÓN, M. M., MATEO, J. y BONAT, M. (2001). Una propuesta didáctica basada en la investigación para el uso de analogías en la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 19 (3), pp. 453-470.
- OSSENBACH, G. (2010). Manuales escolares y patrimonio histórico-educativo. *Educatio Siglo XXI*, vol. 28, n.º 2, pp. 115-132.
- REAL ACADEMIA DE CIENCIAS EXACTAS, FÍSICAS Y NATURALES (1999). *Diccionario Esencial de las Ciencias*. 1.^a edición. Madrid: Espasa Calpe.
- REAL ACADEMIA DE LA LENGUA ESPAÑOLA (1956). *Diccionario de la lengua española*. 18.^a edición. Madrid: Espasa Calpe.
- RUTHERFORD, E. (1908). *The Chemical Nature of the Alpha Particles from Radioactive Substances*. Nobel Lecture. Disponible en línea: <http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/chemistry/laureates/1908/rutherfordlecture.html> (consulta 2013, 18 de mayo).

- RUTHERFORD, E. (1914). The Structure of the Atom. *Philosophical Magazine*, Series 6, vol. 27, pp. 488-498.
<http://dx.doi.org/10.1080/14786440308635117>
- RUTHERFORD, E. (1936). The Development of the Theory of Atomic Structure. *Background to modern science: ten lectures at Cambridge arranged by the history of science committee*. Ed. Joseph Needham and Walter Pagel, pp. 61-74.
- SOLAZ-PORTOLÉS, J. J. (2010). La naturaleza de la Ciencia y los libros de texto de Ciencias: una revisión. *Educación XXI*. 13.1, 2010, pp. 65-80.
<http://dx.doi.org/10.5944/educxx1.13.1.277>
- SOLBES, J. y VILCHES, A. (2004). Papel de las relaciones Ciencia, Tecnología, Sociedad y Ambiente en la formación ciudadana. *Enseñanza de las Ciencias*, 22 (3), pp. 337-347.
- TIANA, A. (2000). El Proyecto Manes y la investigación histórica sobre los manuales escolares (siglos XIX y XX), en M. Puelles (coord.). Los manuales escolares en la historia. *Revista Historia de la Educación*, n.º 19. Ediciones U. Salamanca. pp. 179-194.
- VIÑAO, A. (2006). El libro de texto y las disciplinas escolares: una mirada a sus orígenes, en Escolano, A. (ed.). *Currículum editado y sociedad del conocimiento. Texto, multimedialidad y cultura de la escuela*. Valencia: Tirant lo Blanch, pp. 109-140.

The social imaginary of the atomic energy in Spanish textbooks of Physics and Chemistry: analysis of a specific language

José M.^a González Clouté
Investigador asociado al Proyecto
Manes de la UNED
pepecloute@gmail.com

M.^a Isabel González Gil
Universidad Complutense
de Madrid
mariaisabelgonzalez@ucm.es

Miguel Somoza Rodríguez
UNED y Universidad Nacional de Luján (Argentina)
Subdirector del Centro de Investigación MANES
msomoza@edu.uned.es

Spanish secondary school textbooks tend to present a socially neutral scientific image which is far removed from the historical context. A notable exception were classes on atomic and nuclear physics presented in Physics & Chemistry textbooks in the latter half of the twentieth century; they broke the trend by introducing different historic events occurring at the time.

This article analyses the specific language used to teach nuclear and atomic lessons in the given era's Physics & Chemistry textbooks. They included a multitude of military expressions, mystical or religious phrases, and made exaggerated claims about the power of the atom, qualifying atomic energy as «immense», «unlimited», and «extraordinary».

The textbooks' authors used their words to instil a strong analogy between nuclear research, with its attempts to fire high-speed particles at atomic nuclei, and armed conflicts which involved actions such as bombarding, exploding, capturing objectives, strafing, and firing projectiles searching for different targets.

The complicated social situation in Spain during this period, from the oppression of the nationalist-Catholic regime ruled by General Franco to the arrival of a parliamentary democracy, had an obvious influence over the textbooks' authors, particularly with regards to their opinions about atomic energy. Consequently, the social imaginary regarding nuclear energy suffered a significant change: initial enthusiasm for atomic power was replaced with doubts about the safety and usefulness. Two possible reasons for this change were the introduction of female authors and distant armed conflicts.

Our research not only analyzed the language used in these lessons but also examined the articles written by the pioneers of nuclear research Curie, Fermi, Rutherford, etc., in an attempt to find the origin of such military language. Our findings highlight the transcendence of the description of the atomic nucleus experiment conceived by Ernest Rutherford, military researcher during World War I, by comparing the paths of the α particles projected at atomic nuclei in gold foil with the rebound of projectiles sent to a tissue paper. This analogy had a notable influence on Spanish writers in the last century and continues to be present at the start of the 21st century.

The language and the presence or absence of certain content in the textbooks should be evaluated both by students and teachers. To this end, it is important to conduct a thorough classroom-based and critical analysis of the historical, social and ideological context surrounding this scientific development which enables the students to understand the potential social implications of advances in science and technology.