

Alfredo García

@OperadorNuclear

LA ENERGÍA NUCLEAR



SALVARÁ EL MUNDO

Derribando mitos sobre la energía nuclear

ALFREDO GARCÍA @OperadorNuclear

LA ENERGÍA NUCLEAR SALVARÁ EL MUNDO

Derribando mitos sobre la energía nuclear

No se permite la reproducción total o parcial de este libro, ni su incorporación a un sistema informático, ni su transmisión en cualquier forma o por cualquier medio, sea este electrónico, mecánico, por fotocopia, por grabación u otros métodos, sin el permiso previo y por escrito del editor. La infracción de los derechos mencionados puede ser constitutiva de delito contra la propiedad intelectual (art. 270 y siguientes del Código Penal)

Diríjase a Cedro (Centro Español de Derechos Reprográficos) si necesita fotocopiar o escanear algún fragmento de esta obra. Puede contactar con Cedro a través de la web www.conlicencia.com o por teléfono en el 91 702 19 70 / 93 272 04 47

© Alfredo García Fernández, 2020

© Editorial Planeta, S. A., 2020
Av. Diagonal, 662-664, 08034 Barcelona
www.editorial.planeta.es
www.planetadelibros.com

© de las ilustraciones del interior: Álvaro García Bienvenido

Primera edición: abril de 2020

Depósito legal: B. 5.545-2020

ISBN: 978-84-08-22677-2

Preimpresión: J. A. Diseño Editorial, S. L.

Impresión: Rodesa

Printed in Spain – Impreso en España

El papel utilizado para la impresión de este libro está calificado como **papel ecológico** y procede de bosques gestionados de manera **sostenible**

Índice

Prólogo, por Javier Santaolalla	15
Introducción	
<i>Breve historia de Operador Nuclear</i>	23

CIENCIA Y TECNOLOGÍA

1. Cómo funciona la fisión nuclear	35
2. Todo es radiactivo	41
3. Cómo funciona una central nuclear	51
4. Una central nuclear no es una bomba atómica	58
5. Los operadores no somos como Homer Simpson	65
6. Fábricas de nubes	75
7. Cómo «reposta» una central nuclear	81
8. Esa fascinante luz azulada en la piscina de combustible	90
9. ¡Que nadie se haga daño!	96
10. Aplicaciones pacíficas de la tecnología nuclear	102

ACCIDENTES

11. Three Mile Island, el accidente desconocido	113
---	-----

12. Chernóbil no es un argumento válido contra la energía nuclear	120
13. Chernóbil no será inhabitable durante miles de años	130
14. ¿Es la serie <i>Chernobyl</i> de HBO fiel a la realidad?	135
15. Fukushima no causó muertes por radiactividad	142
16. Podemos comer pescado de Fukushima	147
17. La industria nuclear no tropieza dos veces con la misma piedra	152
18. Seguridad es el segundo nombre de una central nuclear	161

RESIDUOS

19. Conoce los residuos radiactivos	171
20. Riesgos de los residuos radiactivos	180
21. Ideas absurdas para deshacerse de los residuos radiactivos	185
22. Almacenar residuos radiactivos con seguridad	190
23. ¿Cómo viaja el material radiactivo?	200
24. Combustible usado: ¿residuo o recurso?	205

CONTROVERSIA

25. Ecologistas en contra y a favor de la energía nuclear	215
26. La controvertida España nuclear	221
27. Transparencia nuclear	229
28. Las centrales nucleares no producen más cáncer	235
29. Una herramienta de uso pacífico o militar	239
30. Submarinos hundidos y residuos de pruebas nucleares	246
31. Terrorismo en centrales nucleares	251

PERSPECTIVAS

32. Panorama nuclear mundial	259
33. Los cuarenta son los nuevos veinte	265
34. No nos acabaremos el uranio	271
35. El torio es el nuevo uranio	277
36. La revolución de los pequeños reactores modulares	282
37. Reactores que consumen residuos radiactivos	288

SOLUCIONES

38. El hombre de hidrocarburo	295
39. Necesitamos energía nuclear	304
40. La energía nuclear es la mejor aliada de las renovables	311
41. La fusión nuclear o cómo tener el Sol en la Tierra	315
Agradecimientos	323
Bibliografía	329

1

Cómo funciona la fisión nuclear

Quizás ha caído en tus manos este libro y te preguntas qué haces leyendo sobre energía nuclear si no sabes qué es o en qué consiste la fisión nuclear. Incluso puedes pensar que, llegados a esta página, a lo mejor se te empiezan a escapar algunos términos. Tranquilo, porque todo tiene solución. Se trata de que prestes mucha atención a lo que vas a leer en este capítulo. Intentaré explicártelo de la manera más sencilla posible, sin fórmulas matemáticas. Eso sí, es muy importante que entiendas bien el significado de las palabras escritas en **negrita**, puesto que son conceptos fundamentales para comprender el resto del capítulo y del libro. A lo mejor solo venías por los capítulos que hablan de Chernóbil porque te gustó mucho la serie de HBO, pero aun así déjame decirte que merece la pena y, además, ¡el saber no ocupa lugar!

Todo está formado por átomos

Todas las sustancias conocidas están formadas por átomos. Sí, sí, todas. No busques excepciones, que no las hay. El **átomo** es la parte más pequeña en la que podemos dividir un elemento químico (oxígeno, hierro, uranio) sin que pierda sus propiedades. Su nombre significa «indivisible» en griego, pero hoy sabemos que está formado por partículas todavía más pequeñas (y estas,

a su vez, también están formadas por otras más pequeñas, pero «esa es otra historia y debe ser contada en otra ocasión», como decía *La historia interminable*). El átomo se compone de un **núcleo**, que contiene casi toda la masa y tiene carga eléctrica positiva, y una **corteza**, formada por unas partículas llamadas **electrones**, que se mueven alrededor del núcleo como un enjambre de abejas y tienen carga negativa. El núcleo de un átomo está formado por dos tipos de partículas: los **protones**, con carga positiva, y los **neutrones**, con carga neutra, como su propio nombre indica. La **energía nuclear** proviene precisamente del núcleo de los átomos.

Los electrones intervienen en la electricidad, en la electrónica y en los enlaces entre átomos para formar moléculas como, por ejemplo, el agua, con dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno. El número de protones en el núcleo de un átomo, que coincide con el de electrones, es el que identifica un elemento químico. Por ejemplo, todos los átomos del oxígeno tienen 8 protones, los del hierro tienen 26 y los del uranio tienen 92. Es importante que lo entiendas, pero tampoco es necesario que vayas apuntando todo con papel y lápiz. ¿Seguimos?

La mayoría de los elementos químicos tienen unas variantes llamadas **isótopos** (sí, como los Isótopos de Springfield, el equipo de béisbol de Homer en *Los Simpson*). Atento a este concepto porque es fundamental para seguir adelante (así que si la famosa serie de televisión te ayuda a recordarlo, pues mejor). Todos los isótopos de un mismo elemento químico tienen el mismo número de protones, pero cada isótopo tiene un número diferente de neutrones. Esta diferencia hace que sus propiedades sean también diferentes. De esta forma, cada elemento químico puede tener varios isótopos. Por ejemplo, el carbono, que es la base de la vida, tiene tres isótopos naturales: carbono-12, carbono-13 y carbono-14, que es radiactivo (si te suena es porque se utiliza para datar muestras orgánicas). Todos ellos tienen 6 protones, pero cambian el número de neutrones (6, 7 y 8, respectivamente). Si has entendido bien

este párrafo, puedes continuar. De lo contrario, no pasa nada, pero te animo a que entonces vuelvas a leerlo, porque realmente te será de utilidad.

Interacciones fundamentales

La parte de la física que estudia las partículas que forman los átomos reconoce cuatro fuerzas que intervienen en la materia, las llamadas **fuerzas fundamentales**, aunque más correctamente, para que no se nos enfaden los físicos, se llaman **interacciones fundamentales**: electromagnética, nuclear fuerte, nuclear débil y gravitatoria (y todas serían un gran nombre de grupo de música alternativo, ¿no te parece?). ¿Te las presento?

La **fuerza electromagnética** se produce entre partículas con carga eléctrica. Las partículas con igual carga se repelen y las que tienen diferente carga se atraen, como los imanes (y, según cómo, hasta como las personas). Esta fuerza mantiene el átomo unido por la atracción entre los protones y los electrones. Los protones se repelen entre sí por la fuerza electromagnética. La pregunta evidente es ¿cómo se mantiene unido el núcleo si todas las cargas que tiene son iguales? La **fuerza nuclear fuerte** es la responsable de vencer esa repulsión y mantener el núcleo unido. Es una fuerza de muy corto alcance, más pequeño que el propio átomo, pero de una enorme intensidad. La **fuerza nuclear débil** es la que produce la **desintegración radiactiva**, que es la descomposición natural de los protones y neutrones de los núcleos emitiendo electrones. Finalmente, la **fuerza gravitatoria** es tan débil a escala atómica que no se considera en los cálculos.

El núcleo de un átomo es **estable** cuando existe un equilibrio entre todas las fuerzas, o la fuerza nuclear fuerte (atractiva) es mayor que la electromagnética (repulsiva). Los núcleos inestables sufren transformaciones espontáneas para conseguir la estabilidad. Como las personas, los núcleos inestables necesitan estar tranqui-

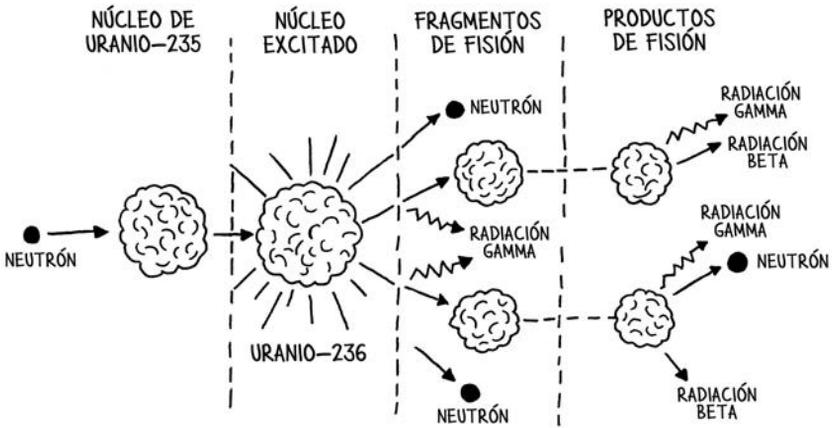
los, aunque estos no se van de paseo por la montaña con tal objetivo. ¿Qué hacen entonces para conseguirlo? Sigue leyendo.

Radiactividad y fisión nuclear

La **radiactividad** es la transformación espontánea y gradual de un núcleo inestable en otro estable. Para ello emite **radiación nuclear**, que consiste en partículas (como neutrones y electrones) y ondas electromagnéticas o fotones, como la luz o la señal WiFi (pero con mucha más energía que la red de tu casa, créeme). La **energía de enlace nuclear** es la energía necesaria para romper el núcleo y descomponerlo en sus protones y neutrones, y es debida a la fuerza nuclear fuerte. Esta es precisamente la energía utilizada en los **reactores nucleares** para obtener calor y producir electricidad.

Las **reacciones nucleares** son procesos de combinación y transformación de partículas y núcleos atómicos. La reacción que se utiliza en los reactores nucleares para producir energía es la **fisión nuclear**, que ocurre cuando un núcleo pesado como el del uranio se divide en dos o tres núcleos más pequeños (se forman nuevos átomos). Además, la fisión emite radiación nuclear, incluyendo neutrones, y mucha energía, por eso los residuos radiactivos deben ser tratados con seguridad. La causa de la rotura del núcleo es el impacto de un neutrón. En cada fisión de un átomo de uranio se emiten 2 o 3 neutrones, que a su vez impactan con otros núcleos de uranio y causan nuevas fisiones. De esta forma obtenemos una **reacción en cadena**.

Un elemento muy importante en los reactores nucleares y clave para entender muchos aspectos que te explicaré a lo largo del libro es el concepto de **moderador** (y no, no es un señor o señora que modera un debate televisivo). Los neutrones salen disparados de las fisiones a gran velocidad. Si no hiciéramos nada, se escaparían del núcleo sin producir nuevas fisiones. Para conseguir que se queden, aunque algunos se fugan, se utiliza un moderador que



mediante colisiones hace que los neutrones se vayan ralentizando hasta conseguir una velocidad adecuada para encontrarse con un nuevo núcleo de uranio y fisiónarlo. En la mayoría de los reactores el moderador es el agua, que también sirve como refrigerante.

Casi todos los reactores nucleares utilizan uranio (U) como combustible. El uranio natural está formado básicamente por dos isótopos: un 99,3% de U-238 (que contiene 238 partículas en el núcleo) y un 0,7% de U-235 (con 235 partículas). El U-235 tiene una gran capacidad de captar neutrones y fisiónar, mientras que el U-238, más abundante, capta un neutrón y no fisióna, no se rompe, sino que tras varias transformaciones se termina convirtiendo en el siguiente elemento de la tabla periódica, el plutonio-239 (Pu-239), que tiene una partícula más en el núcleo y es artificial, no se produce en la naturaleza. Para que un reactor nuclear funcione durante 18 meses seguidos se necesita aumentar la proporción de U-235 desde el 0,7% hasta el 4-5%. El proceso industrial para aumentar la proporción se llama **enriquecimiento**, puesto que se trata de aumentar la cantidad del uranio útil. Puedes estar muy tranquilo porque, como te explicaré en otro capítulo más adelante, un reactor nuclear no puede explotar como una bomba atómica porque el enriquecimiento necesario para la explosión es mayor del 90%.

¡Ya está! ¿A que no era tan difícil? Una vez leído y comprendido este capítulo, estás preparado para seguir adelante. Ya sabes que en cualquier momento puedes volver aquí si no recuerdas bien un concepto. Al estar escrito en **negrita** lo encontrarás fácilmente. ¡Seguimos!