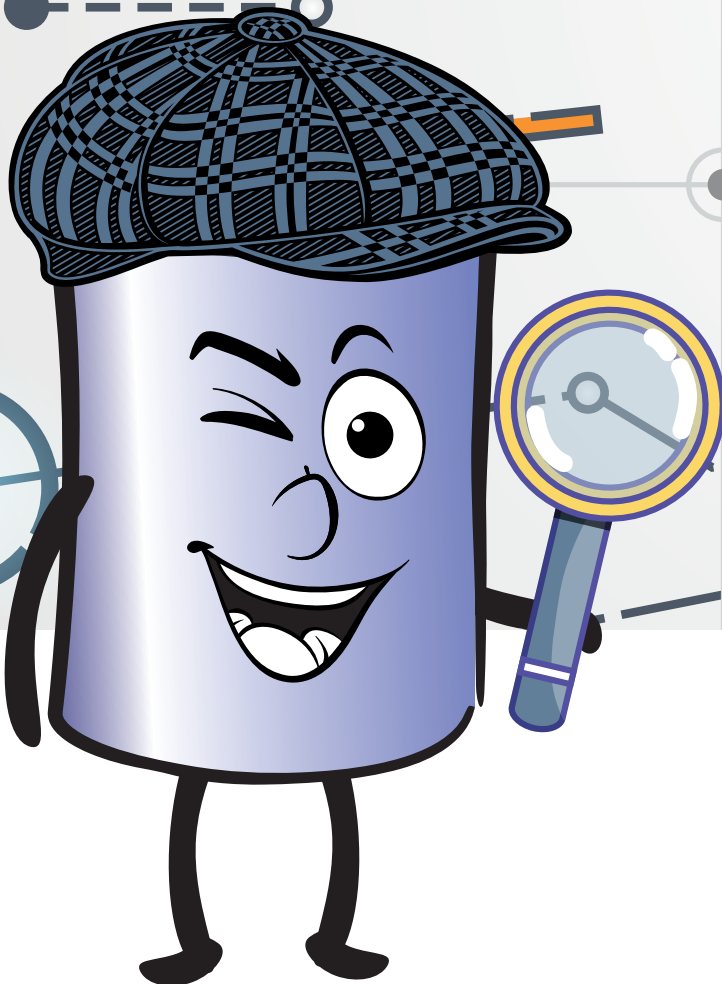


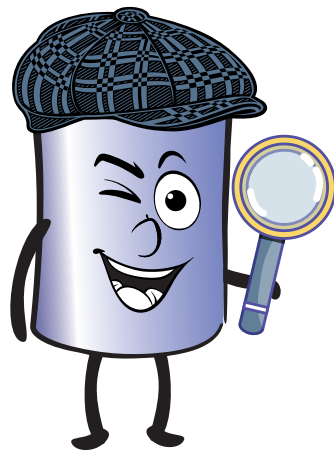
# LA ULTRA SUPER INTERESANTE VIDA DE UNA PASTILLA DE URANIO

CIENCIA, TECNOLOGÍA Y INNOVACIÓN DE LA ESCUELA A LA VIDA



DENISE LEVY  
ANNA LUCIA VILLAVICENCIO  
LOURDES TORRES

**LA ULTRA SUPER INTERESANTE VIDA  
DE UNA PASTILLA DE URANIO**



Denise Levy, Anna Lucia Villavicencio y Lourdes Torres

Editorial: Sociedade Brasileira de Proteção Radiológica (SBPR)  
Diseño gráfico, composición tipográfica e ilustraciones: Patrick Levy  
Bancos de ilustraciones: Vecteezy, Adobe Stock  
Año: 2025

Datos de catalogación en publicación internacional (CIP)  
(Cámara Brasileña del do Libro, SP, Brasil)

Levy, Denise.  
L668u La ultra super interessante vida de una  
pastilha de uranio: ciência, tecnologia y innovación  
de la escuela a la vida / Denise Levy, Anna Lucia  
Villavicencio, Lourdes Torres. – 1. ed. – Rio de Janeiro:  
Sociedad Brasileña de Protección Radiológica, 2025.  
58 p.: il. color.

ISBN 978-65-998959-2-0

1. Literatura InfantoJuvenil 2. Ciencias Nucleares  
3. Energía Eléctrica 4. Naturaleza 5. Sociedad I. Título

CDD – 028.5

Hoja de catálogo: Bibliotecario Larissa Andrade CRB – 3/1179

Reservados todos los derechos. De conformidad con la Ley núm. 9.610, del 19/02/1998, ninguna parte de este libro puede ser fotocopiada, grabada, reproducida o almacenada en un sistema de recuperación de información o transmitida de cualquier forma, por medios electrónicos o mecánicos, sin el consentimiento previo del autor.

---

*Querido/a estudiante:*

*Te invitamos a conocer un poco más sobre ciencia, tecnología e innovación. La ciencia no es solo una materia escolar. Está presente en nuestra vida cotidiana y nos proporciona calidad de vida.*

*La ciencia no es tan difícil como parece. Para comprenderla, se necesitan principalmente dos cualidades: un espíritu inquisitivo y una postura investigadora. Vos sos un científico/a nato: ciertamente la curiosidad, el cuestionar la realidad, el tratar de desentrañar los misterios de la vida, siempre buscando nuevas respuestas y nuevas formas de cambiar el mundo, son características propias de la juventud.*

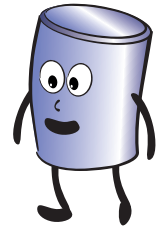
*En este libro aprenderás sobre ciencia nuclear. Esto es un misterio para mucha gente ¡Pero vos, estudiante científico/a, aprenderás sobre estos temas y podrás compartir a otras personas esta nueva información! También aprenderás sobre la generación de electricidad. Esta es una gran pregunta en nuestro país y en el mundo.*

*Esperamos que este libro despierte en vos la curiosidad y que también puedas ser un agente de cambio en la realidad de nuestro país. ¡Cree siempre en ti y en tu potencial! Argentina necesita jóvenes capacitados que colaboren para el desarrollo de la ciencia, la tecnología y la innovación. ¡Vos podés ser esta persona!*

---

# LA VIDA COMÚN ...

## ...DEL URANIO EN LA NATURALEZA



EL URANIO ES UN ELEMENTO QUÍMICO QUE ESTÁ PRESENTE NATURALMENTE EN NUESTRO PLANETA.



EL SUELO DE ARGENTINA ES MUY RICO EN URANIO, PRINCIPALMENTE EN LA ZONA CENTRO, LA CORDILLERA DE LOS ANDES Y LA PATAGONIA.



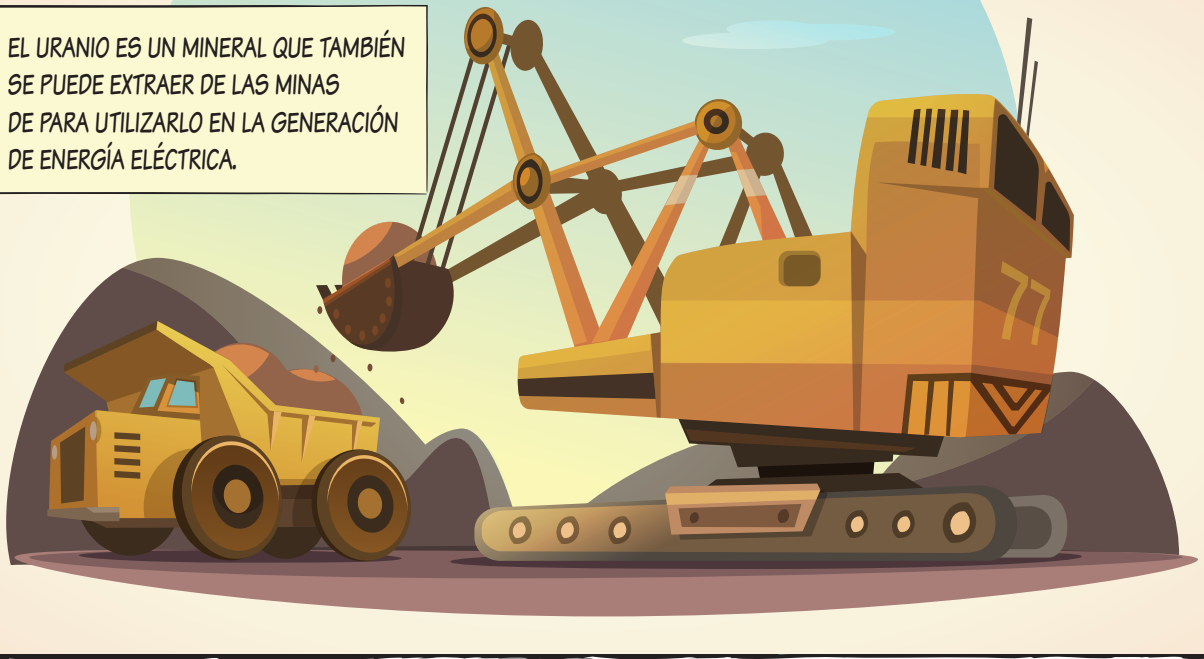
POR ESO EL URANIO ESTÁ PRESENTE EN LAS CASAS, EN LOS LADRILLOS, EN EL CEMENTO...



¡Él es una parte importante de la radiactividad natural del planeta!



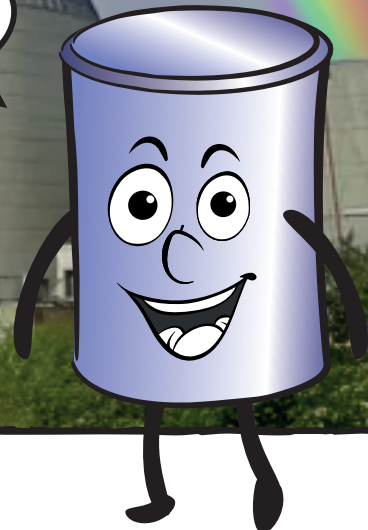
EL URANIO ES UN MINERAL QUE TAMBIÉN SE PUEDE EXTRAER DE LAS MINAS DE PARA UTILIZARLO EN LA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA.



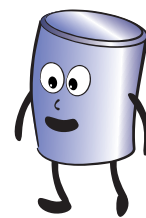
¡ES UN PROCESO LARGO, QUE INVOLUCRA MUCHA TECNOLOGÍA!

*Solo entonces  
podré trabajar  
en una planta de  
energía nuclear.*

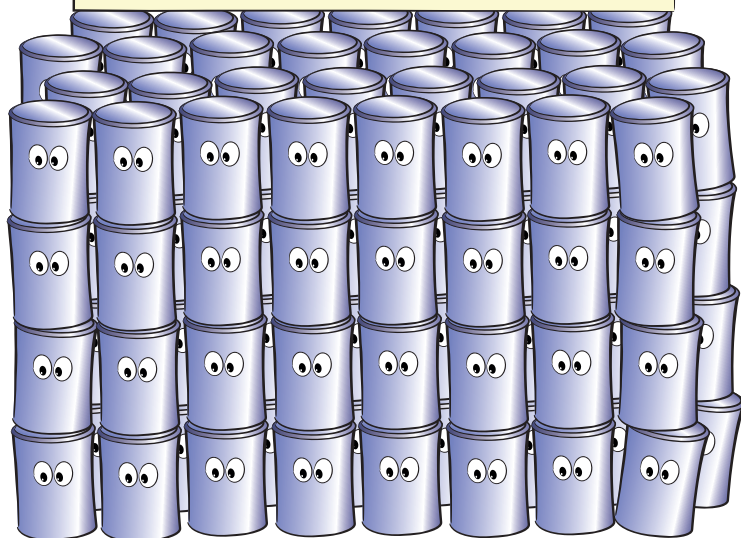
EL URANIO PASA POR VARIAS TRANSFORMACIONES, HASTA QUE SE CONVIERTE EN UNA PASTILLA HERMOSA, AGRADABLE Y MUY EFICIENTE COMO YO <3.



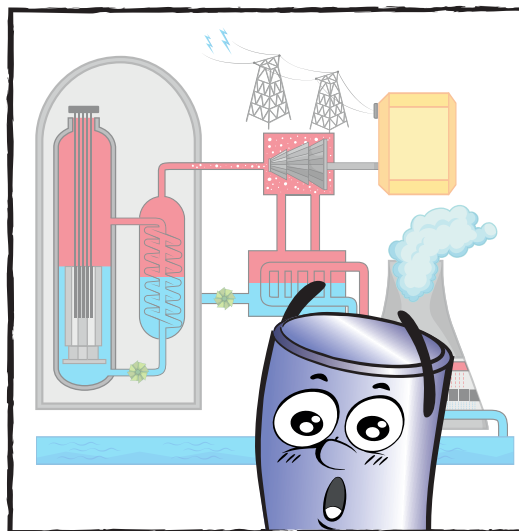
# LA ULTRA SUPER INTERESANTE VIDA ...DE UNA PASTILLA DE URANIO



SOMOS CIENTOS DE PASTILLAS QUE JUNTAS  
PRODUCIMOS MUCHA ENERGÍA EN FORMA DE CALOR...

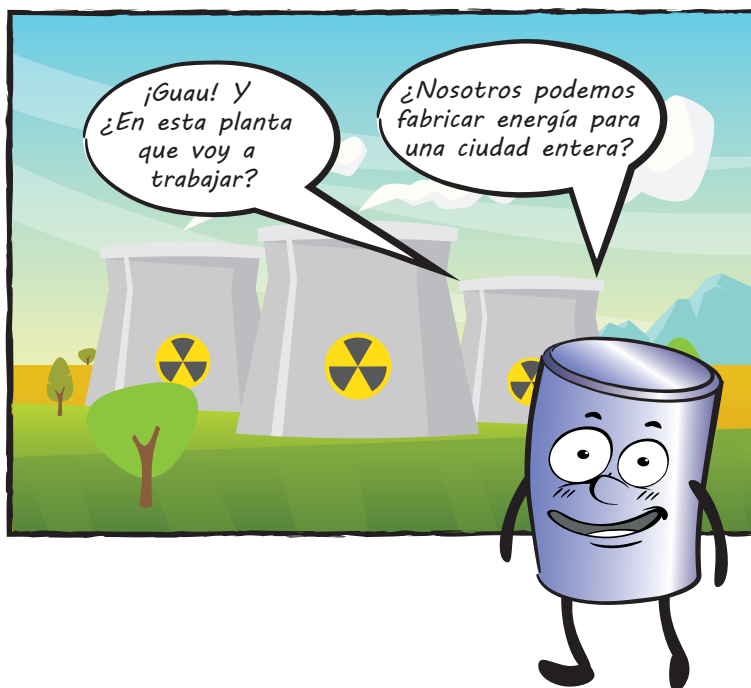


ESTE CALOR ES EL QUE CALIENTA EL AGUA, QUE  
SE CONVIERTE EN VAPOR, QUE MUEVE UNA TURBINA,  
QUE ALIMENTA UN GENERADOR, QUE PRODUCE  
ENERGÍA ELÉCTRICA...



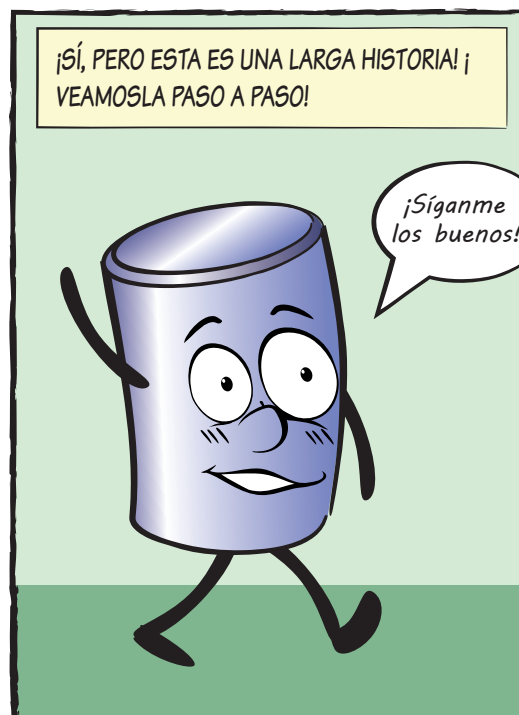
¡Guau! Y  
¿En esta planta  
que voy a  
trabajar?

¿Nosotros podemos  
fabricar energía para  
una ciudad entera?



¡SÍ, PERO ESTA ES UNA LARGA HISTORIA! ¡  
VEAMOSLA PASO A PASO!

¡Sígueme  
los buenos!!



# ÍNDICE

<i>¿En qué consumimos energía eléctrica?</i>	8
<i>¿Qué son las energías limpias y las energías renovables?</i>	12
<i>¿Cuáles son las diferentes formas de producir energía eléctrica?</i>	16
<i>¿Qué es el átomo?</i>	20
<i>¿Qué es la energía nuclear?</i>	26
<i>¿Qué es el ciclo del combustible nuclear?</i>	32
<i>¿Cómo funciona un reactor nuclear?</i>	40
<i>¿Cuáles son los impactos en la sociedad?</i>	46
<i>¡Prueba tus conocimientos!</i>	50

## **¡ESTATE MUY ATENTO!**

*Este libro contiene algunas sorpresas. A lo largo de los capítulos, encontrarás algunos códigos QR. Podés usar un teléfono celular con una aplicación para leer estos códigos. Cada uno de los códigos de este libro hace referencia a una curiosidad de Internet, una actividad interactiva o un juego. La ciencia nuclear no es broma... ¡pero podemos aprender jugando!*



---

# ¿EN QUÉ CONSUMIMOS ENERGÍA ELÉCTRICA?

---



## ¿POR QUÉ NECESITAMOS TANTA ENERGÍA ELÉCTRICA?

¿Te imaginás el mundo sin electricidad? Cada año se colocan en el mercado más variedades de productos electrónicos: lámparas, lavarropas, secarropas, microondas, computadoras, videojuegos y celulares son solo algunos ejemplos. ¡El consumo de Argentina y del mundo aumenta cada década y es necesario buscar formas sostenibles para satisfacer la demanda de la población! En este libro discutiremos las fuentes de energía, los recursos naturales y el uso racional de los recursos energéticos. Pero antes... ¿Sabés cuánta energía consumimos en nuestro país?

## ¿CÓMO MEDIMOS EL CONSUMO DE ELECTRICIDAD?

Todo equipo eléctrico tiene una potencia en vatios (símbolo W). Para calcular el consumo eléctrico, multiplicamos su potencia por las horas de uso. Normalmente medimos la energía en kilovatios. Luego dividimos el resultado por 1000.

**EJEMPLO:** Una familia tiene un lavarropas de 3500 W que usa 2 horas al día. ¿Cuál es el consumo diario de esta familia?

$3500 \text{ vatios} \times 2 \text{ horas} = 7000 \text{ Wh/día}$ , o  $7000 \text{ Wh/día} : 1000 = 7 \text{ kWh/día}$

¿Y cuál es el consumo anual de esta familia?

$7 \text{ kWh/día} \times 365 \text{ días} = 2555 \text{ kWh/año}$

Generalmente, en términos de población, los números son muy grandes, por lo que medimos en gigavatios. 1 megavatio (MW) es un millón de vatios (1000000 de vatios).

Entonces, ¿cuál sería el consumo anual de los lavarropas para tres millones de hogares?

$2555 \text{ kWh/año} \times 3000000 = 7665000000 \text{ kWh/año}$ , es decir 7665 MWh/año

## ¿CUÁNTA ENERGÍA NECESITA ARGENTINA?

La Secretaría de Energía es el organismo que realiza estudios e investigaciones para el Ministerio de Economía, para ayudar en la planificación y desarrollo del sector energético en Argentina. A continuación, puede comprobar el crecimiento del consumo de electricidad por década en los hogares argentinos de 1992 a 2022.

### MIRÁ COMO CRECIÓ EL CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN LOS ÚLTIMOS 30 AÑOS EN ARGENTINA

1992 - 45,3 GWh/año

2002- 72,5 GWh/año

2012 - 117,7 GWh/año

2022 - 138,7 GWh/año

Fuente; <https://datosmacro.expansion.com/energia-y-medio-ambiente/electricidad-consumo/argentina>

# DESAFÍO

## ¿CUÁNTA ELECTRICIDAD CONSUMIMOS EN NUESTRAS CASAS?

Mirá en tu casa: ¿Cuáles de estos equipos que aparecen en la tabla son utilizados por tu familia? Proporcionamos una estimación aproximada de la potencia. Vos completá cuántas horas se utiliza este equipo y calculá el consumo mensual de tu casa.

Equipo	Potencia aproximada (W)	Tiempo de uso (horas por día)	Tiempo de uso (horas por mes)	Consumo mensual (KWh)
Aire acondicionado	5000			
Microondas	800			
Lavarropas	3500			
Televisión	90			
Videojuego	20			
Computadora	300			
Heladera	250			
Cargador de celular	5			
Lámpara incandescente	100			

### PARA REFLEXIONAR

#### ¿CUÁLES SON NUESTRAS IDEAS PARA EL USO RACIONAL DE LA ELECTRICIDAD?

¿Qué podríamos hacer para optimizar el uso de la electricidad en nuestros hogares? Para investigar, ¿qué idea se nos ocurren para mejorar el uso de la energía en nuestro hogar? ¿Qué acciones podríamos proponer que sean fáciles de implementar y económicamente viables?

.....

.....

.....

.....

.....

# MIS ANOTACIONES

A blank sheet of lined paper with a teal header and a red margin line. The paper is white with horizontal grey lines and a vertical red margin line on the left side. The bottom right corner is slightly curled up.

---

# ¿QUÉ SON LAS ENERGÍAS LIMPIAS Y LAS ENERGÍAS RENOVABLES?

---



## ¿CÓMO SE GENERA LA ENERGÍA ELÉCTRICA?

Las fuentes de energía son recursos naturales, sometidos a procesos que transforman estos recursos en electricidad. Argentina, por ejemplo, es un país rico en recursos hídricos. La fuerza del agua de un río en un embalse tiene un gran potencial energético. La central hidroeléctrica utiliza la fuerza del agua que cae para impulsar sus turbinas, haciendo funcionar un generador que produce energía eléctrica.

## ¿QUÉ SON LAS FUENTES RENOVABLES Y NO RENOVABLES?

Las fuentes renovables son aquellos recursos inagotables de la naturaleza, como el sol (energía solar), el viento (energía eólica) y el agua (energía hidroeléctrica). Las fuentes no renovables son recursos cuya reposición es muy lenta por naturaleza, como el petróleo, el gas natural, el carbón y el uranio, que tardan miles de años en formarse en la naturaleza.

## ¿QUÉ SE ENTIENDE POR ENERGÍA LIMPIA?

La energía limpia es aquella que no emite contaminantes al ambiente. Las fuentes fósiles (gas natural, petróleo y carbón, por ejemplo) no se consideran energía limpia. Esto se debe a que al quemarse emiten gases que causan grandes impactos ambientales, liberan contaminantes y contribuyen a aumentar el efecto invernadero. La energía eólica y la energía solar pueden considerarse energías limpias, por ejemplo, porque no emiten gases contaminantes a la atmósfera.

## ¿QUÉ ES EL EFECTO INVERNADERO?

El efecto invernadero es un proceso natural. Los gases presentes en la atmósfera ayudan a retener el calor en nuestro planeta. ¡Esto es muy importante porque la vida en la Tierra depende de este calor! Sin embargo, el aumento indiscriminado de gases contaminantes en la atmósfera provoca un sobrecalentamiento en la superficie. Este aumento del efecto invernadero no es deseable y repercute negativamente en el calentamiento global del planeta.

## ¿QUÉ ES LA ENERGÍA NUCLEAR?

La energía nuclear se genera a partir del uranio, que es un mineral. ¡Argentina es un país rico en yacimientos de uranio! El uranio se extrae de la naturaleza y se transforma en combustible capaz de generar enormes cantidades de energía.

## ¿EL URANIO ES UNA FUENTE LIMPIA Y RENOVABLE?

A diferencia del carbón, que también es un mineral extraído de yacimientos, el proceso de transformación del uranio en energía no libera gases al ambiente, no emite contaminantes a la atmósfera y no contamina el agua. Por lo que la energía nuclear puede considerarse una energía limpia. El uranio no es una fuente renovable. Una vez retirado de la naturaleza, tardaría millones de años en reponerse. Sin embargo, una pastilla de uranio que pesa solo 6 gramos genera la misma cantidad de energía que una tonelada de carbón.

## ¿ARGENTINA PRODUCE ENERGÍA NUCLEAR?

Desde el 2014, Argentina tiene tres centrales nucleares en operación. La energía nuclear corresponde a menos del 10% de la energía total generada en el país. Es cierto que gran parte de nuestra energía proviene de centrales térmicas. Pero siempre es necesario diversificar las fuentes. La energía nuclear es muy importante en Argentina. En este libro te enseñaremos un poco más sobre esta tecnología. Al final del libro, con mucho conocimiento, te formarás tu opinión. ¿Es la energía nuclear también una alternativa como complemento a la generación eléctrica, en un país donde la demanda energética crece cada año? Para reflexionar: ¿2 pequeñas pastillas de uranio, de apenas 1 centímetro de alto y 1 centímetro de diámetro, podrían suplir la demanda energética de una familia de 4 personas durante un mes!

## ACTIVIDAD INTERACTIVA EN INTERNET

Aprendiste que existe un gran interés por la generación de energía eléctrica a partir de fuentes renovables, es decir, recursos naturales inagotables y también por la generación de energía limpia, que no impacte negativamente al ambiente. Aprendé cómo funcionan algunas fuentes de energía.



# MIS ANOTACIONES

A sheet of lined paper with a teal header containing the text "MIS ANOTACIONES". The paper has horizontal blue lines and a vertical red margin line on the left side. The bottom right corner of the paper is slightly curled up.

---

# ¿CUÁLES SON LAS DIFERENTES FORMAS DE PRODUCIR ENERGÍA ELÉCTRICA?

---



## LAS DISTINTAS MATRICES ENERGÉTICAS

La matriz energética es el conjunto de fuentes disponibles para satisfacer la demanda energética de un país. La matriz energética mundial está compuesta por diferentes fuentes: hidráulica, nuclear, carbón, gas natural, petróleo y biomasa, solar, eólica y geotérmica. En 2018, la matriz energética mundial contaba con menos del 15% de energías renovables.

### LA MATRIZ ENERGÉTICA DEL MUNDO

En el mundo, las fuentes más utilizadas son los combustibles fósiles: petróleo (y derivados), carbón y gas natural. Juntas, estas tres fuentes son responsables de aproximadamente el 80% de la generación de energía en diferentes países.

### ¡AHORA ES TU TURNO!

Identifica en la siguiente tabla qué fuentes se consideran limpias y cuáles renovables

FUENTE DE ENERGÍA	¿ES LIMPIA?	¿ES RENOVABLE?
Solar	Si	Si
Eólica		
Hidráulica		
Nuclear		
Geotérmica		
Carbón		
Petróleo		
Gas natural		

### LA MATRIZ ENERGÉTICA EN ARGENTINA

En Argentina existe un gran interés en la generación de electricidad a partir de fuentes renovables, es decir, a partir de recursos naturales inagotables, como el viento o el sol. Y también en la generación de energía limpia, que no impacte negativamente al ambiente. Has aprendido que la quema de combustibles fósiles emite gases que contribuyen a aumentar la contaminación ambiental. Descubre a continuación algunas fuentes de energía consideradas limpias.

## ANALICEMOS LO QUE TENEMOS QUE HACER PARA MEJORAR

Observá estas fuentes consideradas limpias porque no liberan contaminantes al ambiente. ¿Cuáles ya conocías? En tu opinión, ¿Son ecológicamente sostenibles? ¿Son tan eficientes y efectivas como los combustibles fósiles? ¿Cuáles son las ventajas y desventajas de cada una de ellas?



La radiación solar es captada por paneles solares para generar calor y ser transformada en energía eléctrica. El sol es una fuente de energía limpia y renovable. Cabe señalar que el sistema energético depende de la luz solar y, por tanto, puede verse afectado por las condiciones meteorológicas, en periodos nublados o lluviosos, por ejemplo. Otro punto negativo es que los paneles solares no generan energía por la noche.



La energía eólica es generada por los vientos. La fuerza de los vientos hace girar grandes turbinas. El movimiento de estas turbinas se transforma luego en energía eléctrica. Es una fuente de energía limpia y renovable, no contamina el ambiente. Sin embargo, no siempre hay buenos vientos para la constante generación de energía.



La fuerza de las aguas embalsadas tiene un gran potencial energético. La central hidroeléctrica utiliza la fuerza del agua que cae para impulsar sus turbinas, haciendo funcionar un generador que produce energía. Esto se considera una fuente de energía limpia. Este tipo de energía es muy utilizada en Argentina, ya que somos un país rico en recursos hídricos.



La energía nuclear es generada por la energía presente en el núcleo de los átomos. Cuando estos núcleos se desintegran, liberan calor y radiación. El elemento natural principalmente utilizado para la producción de energía nuclear es el uranio. No es una fuente de energía renovable, pero es una fuente de energía limpia. 1 kg de uranio natural equivale a 10 toneladas de petróleo o 20 toneladas de carbón. Argentina tiene grandes reservas de uranio.



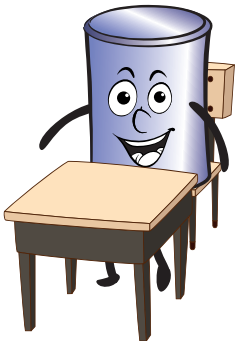
En las Azores, con el encuentro de las placas tectónicas (americana, africana y euroasiática), se produce una gran actividad volcánica. Este es un ejemplo de energía geotérmica. En algunas partes del mundo es posible generar energía a partir del calor del interior de la Tierra. Las altas temperaturas se aprovechan para hacer girar turbinas que generan electricidad.

# MIS ANOTACIONES

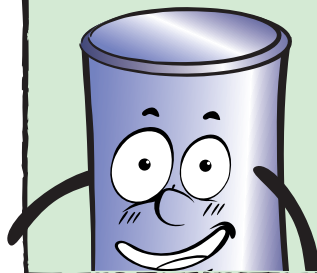
A blank sheet of lined paper with a teal header and a red margin line. The paper is white with horizontal grey lines and a vertical red margin line on the left side. The bottom right corner is slightly curled up.

# ¿QUÉ ES EL ÁTOMO?

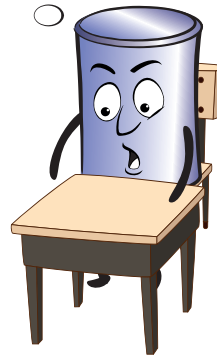
Todas las cosas están hechas de átomos... Las personas están hechas de átomos... Los helados están hechos de átomos...



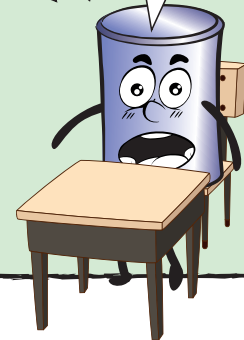
Los mosquitos que a la gente no les gustan están hechos de átomos... el aire que respiras está hecho de átomos... el agua que bebes...



Oh, ¡yo también estoy hecho de átomos! ... Pero... ¿qué es un átomo?



¡Señor! ¿Alguna vez has visto un átomo? ¿Qué es un átomo? ¿Qué aspecto tiene? ¿Qué hace? ¿De qué está hecho? ¿Hay fotos?



# VEAMOS QUÉ ES UN ÁTOMO

Todas las cosas en el mundo están formadas por elementos químicos, también conocidos como átomos. Has oído hablar de algunos elementos químicos que están presentes en los alimentos como el hierro, el flúor, el zinc, el magnesio y el calcio. Estos elementos están organizados en una bonita tabla, llamada "Tabla Periódica". Imaginá que la tabla periódica es como un edificio. Allí viven todo tipo de elementos químicos, también conocidos como átomos. Cada elemento tiene su propio departamento. ¡Es un edificio muy grande, tiene más de 100 departamentos!

**TABELA PERIÓDICA DOS ELEMENTOS**

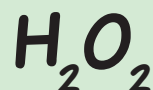
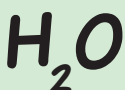
1 H Hidrógeno																	2 He Hélio
3 Li Litio	4 Be Berílio											5 B Boro	6 C Carbono	7 N Nitrogênio	8 O Oxigênio	9 F Fluor	10 Ne Neônio
11 Na Sódio	12 Mg Magnésio											13 Al Alumínio	14 Si Silício	15 P Fósforo	16 S Enxofre	17 Cl Cloro	18 Ar Argônio
19 K Potássio	20 Ca Cálcio	21 Sc Escândio	22 Ti Titânio	23 V Vanádio	24 Cr Cromo	25 Mn Manganês	26 Fe Ferro	27 Co Cobalto	28 Ni Níquel	29 Cu Cobre	30 Zn Zinco	31 Ga Gálio	32 Ge Germanio	33 As Arsênio	34 Se Selênio	35 Br Bromo	36 Kr Criptônio
37 Rb Rubídio	38 Sr Estrôncio	39 Y Ítrio	40 Zr Zircônio	41 Nb Níbio	42 Mo Moibdênio	43 Tc Técnelcio	44 Ru Rutênio	45 Rh Ródio	46 Pd Paládio	47 Ag Prata	48 Cd Cádmio	49 In Índio	50 Sn Estanho	51 Sb Antimônio	52 Te Telúrio	53 I Iodo	54 Xe Xenônio
55 Cs Césio	56 Ba Bário	57 La* Lantânio	72 Hf Háfnio	73 Ta Tântalo	74 W Tungstênio	75 Re Rênio	76 Os Ósmio	77 Ir Iridio	78 Pt Platina	79 Au Ouro	80 Hg Mercúrio	81 Tl Tálio	82 Pb Chumbo	83 Bi Bismuto	84 Po Polônio	85 At Ástato	86 Rn Radón
87 Fr Frâncio	88 Ra Rádio	89 Ac** Actínio	104 Rf Rutherfordio	105 Db Dúbnio	106 Sg Seabórgio	107 Bh Bóhrio	108 Hs Hássio	109 Mt Meitnério	110 Ds Darmstácio	111 Rg Roentgênio	112 Cn Copernício	113 Nh Nihoniu	114 Fl Fleróvio	115 Mc Moscóvio	116 Lv Livermório	117 Ts Tenesso	118 Og Oganesson
			* 58 Ce Cério	59 Pr Prasodímio	60 Nd Neodímio	61 Pm Promécio	62 Sm Samário	63 Eu Európio	64 Gd Gadolínio	65 Tb Térbio	66 Dy Disprósio	67 Ho Hólmio	68 Er Érbio	69 Tm Túlio	70 Yb Ítrbio	71 Lu Lutécio	
			** 90 Th Tório	91 Pa Protactínio	92 U Urânio	93 Np Neptúnio	94 Pu Plutônio	95 Am Americio	96 Cm Cúrio	97 Bk Berquílio	98 Cf Califórnia	99 Es Einsténio	100 Fm Férmio	101 Md Mendelévio	102 No Nobélio	103 Lr Laurêncio	

METAIS					SEMIMETAIS	NÃO METAIS			DESCONHECIDOS	
Metais alcalinos	Metais alcalinoterrosos	Actinídios	Lantanídios	Metais de transição	Metais representativos	Semimetals	Não metais	Halogênios	Gases nobres	desconhecidos

Así, cuando llamamos a la puerta número 1, siempre es el hidrógeno (H) quien responde; es el elemento más ligero de la naturaleza. Cuando llamamos a la puerta número 9, el que abre siempre es flúor (F). Cuando llamamos a la puerta número 12, el magnesio (Mg) es siempre la respuesta. En el número 92 se coloca el uranio (U), que es uno de los elementos más pesados de la naturaleza.

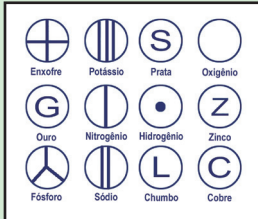
## DESAFÍO

Sabemos que todas las cosas en la naturaleza están formadas por la combinación de estos átomos. ¿Cuál de estas combinaciones conocés?

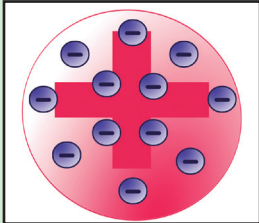


## ¿CÓMO SE FORMA UN ÁTOMO?

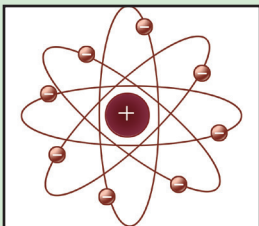
Nadie había visto nunca un átomo. Pero a través de experimentos, los científicos han planteado la hipótesis de que el átomo está formado por partículas diminutas y mucha energía. Estas son algunas de las hipótesis desarrolladas a lo largo de los años:



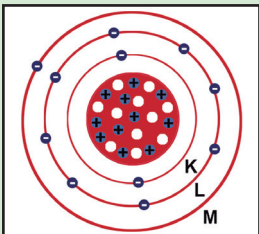
A principios del siglo XIX, John Dalton imaginó un modelo del átomo llamado "Bola de billar". En este modelo, todos los diferentes elementos tendrían la misma forma y se diferenciarían por su masa. Su combinación formaría toda la materia en la Tierra.



Años más tarde, J. J. Thomson presentó un modelo del átomo al que llamó "Budín de pasas". En este modelo, el átomo estaría formado por un gran volumen con carga positiva, equilibrado con diminutas partículas con carga negativa.



Rutherford propuso un modelo del átomo conocido como el "Sistema Planetario". En este modelo, el núcleo está en el centro del átomo y está lleno de partículas positivas (protones). Las diminutas partículas negativas (electrones) giran alrededor del núcleo, al igual que los planetas giran alrededor del sol.



Niels Bohr mejoró el modelo anterior. No lo bautizó con ningún nombre divertido. Este modelo es el del átomo de H. Aquí el átomo está formado por un núcleo de una carga positiva y rodeado por el electrón que circula solo en órbitas circulares específicas.

El modelo actual viene de la Física Cuántica y tiene un núcleo formado por partículas positivas (protones) y partículas sin carga eléctrica (neutrones) y los electrones se ubican en órbitas específicas. Este es el modelo que todavía usamos hoy.

## Y HOY, ¿QUÉ SABEMOS REALMENTE?

Sabemos que el átomo está formado por electrones, protones, neutrones y otras partículas subatómicas. Sabemos que almacena mucha energía. Sabemos que su núcleo es muy denso y casi imposible de romper. Es muy difícil interactuar con el núcleo de los átomos, pero cuando lo logramos, ¡es posible liberar cantidades inmensas de energía! Y así es como funciona la energía nuclear. ¡Imagínense que los átomos diminutos, cuyos diminutos núcleos se rompen, pueden generar energía para iluminar una ciudad entera!

## ¿QUÉ EXPERIENCIAS QUÍMICAS CONOCES?

¿Alguna vez has hecho experimentos químicos? En una reacción química mezclamos elementos que, combinados, producen varias transformaciones. Probá el experimento que presentamos a continuación.

### CARTAS INVISIBLES

Durante la Segunda Guerra Mundial, para proteger la información, se enviaban cartas con tinta invisible. Hay varias formas de hacer esto. Podés realizar el experimento a continuación escribiendo un mensaje invisible. Vas a necesitar:

- 3 limones exprimidos
- Pincel
- Papel blanco
- 1 secador de pelo

Mojá el pincel en jugo de limón y escribí tu mensaje. Será incoloro y nadie podrá leerlo. Deja que se seque a la sombra. Para revelar el mensaje, hacé funcionar el secador muy caliente en el lado opuesto de la hoja. El jugo de limón, que es un ácido, reacciona con el calor y se convierte en una sustancia marrón. Esta es una reacción química.

## INTERACCIONES QUÍMICAS VS. INTERACCIONES NUCLEARES

El experimento anterior se puede realizar a temperatura ambiente e implica interacciones con electrones. Este es un ejemplo de reacciones químicas. En estas reacciones los núcleos atómicos permanecen intactos. Esta es la gran diferencia entre los experimentos químicos y nucleares. El núcleo de los átomos es de difícil acceso y para que se produzcan las reacciones nucleares se requieren distintas condiciones como por ejemplo presión y temperatura muy elevadas. Las reacciones de fusión y fisión nuclear solo son posibles en estas condiciones que se dan en el interior de las estrellas (el Sol, por ejemplo) o en el interior de los reactores. En los próximos capítulos, aprenderás cómo funcionan los reactores nucleares.

### ACTIVIDAD INTERACTIVA EN INTERNET

Las teorías científicas se elaboran a partir de experiencias, de poder reproducir los experimentos y la comprobación de resultados. Mirá algunas experiencias químicas simples y observá, justo frente a tus ojos, las diferentes reacciones entre distintos elementos.



## CURIOSIDADES

### ¡LA VIDA EN LA TIERRA EXISTE POR LA ENERGÍA NUCLEAR!

¡La energía del Sol es esencial para la vida tal como la conocemos en la Tierra! Todo el proceso energético para que los seres vivos se alimenten y existan – depende de las reacciones nucleares que ocurren dentro del Sol. Todos los animales de la cadena alimentaria dependen de la energía obtenida de las plantas, directa o indirectamente. Las plantas, también llamadas productoras, son capaces de "producir" su propio alimento a través de la fotosíntesis. Para ello, dependen de otra forma de energía: la energía luminosa -que justifica el prefijo foto, en la palabra fotosíntesis, que proviene del griego y significa luz-, fundamental en la producción de alimento para una planta.

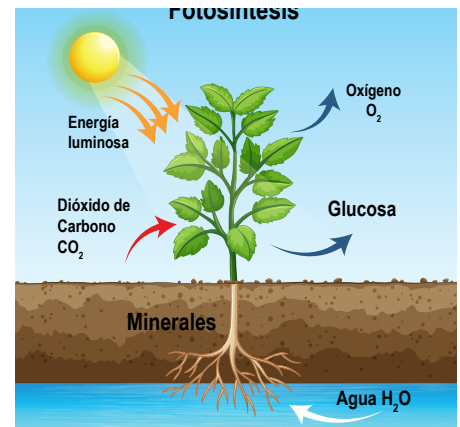
**Fotosíntesis: una energía luminosa**

En la fotosíntesis, las plantas usan: dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), agua ( $\text{H}_2\text{O}$ ) y energía de la luz solar.

Así, se producen glucosa ( $\text{C}_6\text{H}_{11}\text{O}_6$ ) y oxígeno ( $\text{O}_2$ ).

La glucosa se utiliza para alimentar a la planta y a los seres que se alimentan de ella.

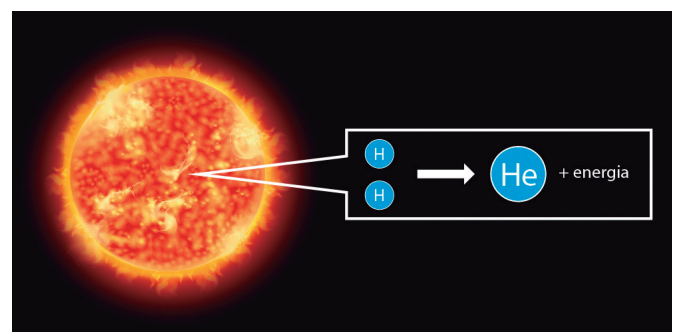
El oxígeno se usa en la respiración celular en muchos animales y en los seres humanos.



### LA ENERGÍA DEL SOL ES EL RESULTADO DE LA FUSIÓN NUCLEAR

Aprendiste que el núcleo de los átomos es de difícil acceso. Para alterar el núcleo de los átomos, se necesitan energías muy altas, y en algunos casos condiciones de presión y temperatura muy altas, como las que se encuentran dentro de las estrellas. El brillo y el calor que ves en las estrellas es el resultado de una reacción nuclear llamada fusión nuclear.

De forma simplificada, esta reacción se produce con la fusión de núcleos de átomos de hidrógeno que se unen, formando núcleos de átomos de helio. Cuando los núcleos se juntan, una pequeña cantidad de masa se convierte en una gran cantidad de energía, generando calor y la luz que vemos del Sol y otras estrellas.



El helio se "fabrica" en las estrellas a partir de la materia prima que es el hidrógeno. ¡Y las fusiones no se detienen ahí! En las estrellas hay unión consecutiva de elementos, formando los demás elementos que vemos organizados en la tabla periódica. El potasio, el calcio, el hierro, el carbono y muchos otros elementos químicos solo están disponibles en la naturaleza porque en algún momento del pasado fueron producidos en una estrella, a través del proceso de fusión nuclear. ¡Y esta es una de las formas en que la vida depende de la energía nuclear!

MIS ANOTACIONES:

A large area of lined paper for taking notes, with a vertical red margin line on the left side. The paper is white with light blue horizontal lines. The top of the page is a teal header with the text "MIS ANOTACIONES:". The bottom right corner of the paper is slightly curled up.

# ¿QUÉ ES LA ENERGÍA NUCLEAR?



## ¿QUÉ ES LA ENERGÍA NUCLEAR?

Todos los átomos almacenan mucha energía. Pero no cualquier átomo sirve para producir energía eléctrica. La energía nuclear es la producción de energía a partir de la materia prima principalmente URANIO. Los núcleos de los átomos de uranio se fisionan (rompen) liberando grandes cantidades de energía, capaces de hacer girar turbinas que transforman la inmensa energía de los átomos en energía eléctrica. Es una de las formas de producción de energía que produce controversia en la actualidad, porque el uranio es un material radiactivo. ¿Qué es el uranio?

- 1 El uranio es un mineral disponible en la naturaleza. El suelo de Argentina es muy rico en uranio.
- 2 El uranio es un elemento natural y muy abundante. A temperatura ambiente, el uranio se encuentra en estado sólido. Es un elemento metálico y radiactivo, es decir, que su núcleo cambia en el tiempo.
- 3 El uranio es el elemento químico (símbolo U) con el núcleo más pesado de forma natural en la Tierra. En la tabla periódica es el elemento número 92.
- 4 El uranio más abundante en la naturaleza es el Uranio-238 (99,3%) que tiene 146 neutrones. En cantidades más pequeñas hay Uranio-235 (0,7%) que tiene 143 neutrones. Este último es el que más se utiliza para producir la fisión nuclear que necesitamos.
- 5 El uranio es el elemento que más se utiliza como combustible para las centrales nucleares (producción de electricidad) y también se utilizó en la fabricación de armas (bombas atómicas).

### ACTIVIDAD INTERACTIVA EN INTERNET

La radiactividad es un fenómeno natural. Está presente en el suelo, las rocas, el agua y el aire. El suelo de Argentina es rico en uranio y los materiales producidos en algunos lugares de nuestro país a partir del suelo, como ladrillos y tejas, contienen uranio. Entonces, tenemos radiactividad natural dentro de nuestros propios hogares. Conocé un poquito más sobre la radiactividad natural en esta actividad de Internet.



## ¿CUÁLES SON LOS FAMOSOS RAYOS GAMMA?

La radiación gamma es una onda electromagnética con un alto poder de penetración y una energía muy alta. Los rayos gamma pueden atravesar fácilmente la madera, el hormigón y el cuerpo humano. Durante este paso, la radiación interactúa con las moléculas que componen nuestro cuerpo, provocando cambios en la estructura de los átomos. Esto puede tener importantes consecuencias en el funcionamiento biológico del organismo.

### ¿QUÉ NOS DICEN LAS DIBUJOS ANIMADOS?

Los cómics utilizaron el concepto de mutación genética como si fuera posible que la radiación descontrolada pudiera causar súper poderes. ¿Conocés a estas personas que, en contacto con la radiación, se convirtieron en superhéroes y supervillanos?

**El Increíble Hulk:** Robert Bruce Banner fue un científico del Departamento de Defensa de los Estados Unidos que participó en la construcción de una poderosa arma nuclear: la Bomba Gamma. Durante las pruebas de detonación, Bruce fue golpeado por rayos gamma que causaron una mutación genética. A partir de entonces, Bruce adquirió súper poderes, transformándose en el Increíble Hulk, con una fuerza y resistencia sobrehumanas.

**Spiderman:** En un laboratorio de investigación, una araña fue el objetivo de un haz de descargas atómicas, convirtiéndose en radioactiva. Peter Parker, un joven estudiante que visitaba el laboratorio, mordido por la araña radiactiva, sufrió una alteración en su estructura genética. Peter adquirió súper poderes, transformándose en Spider-Man.

**Los Cuatro Fantásticos:** En un viaje de exploración espacial, Victor Von Doom y cuatro astronautas estuvieron expuestos a intensos rayos cósmicos radiactivos, adquiriendo súper poderes. Los cuatro astronautas se convierten en superhéroes: Reed adquiere increíbles poderes de elasticidad; Susan ganó el poder de la invisibilidad; John podía controlar el fuego y Ben el Piloto se transformó en un ser rocoso con una fuerza inmensa. Victor Von Doom, el financiador de la expedición, también modificó su estructura genética y se transformó en el súper villano conocido como Dr. Destino.

## ¿RAYOS GAMMA USADOS CON BUENAS O MALAS INTENCIONES?

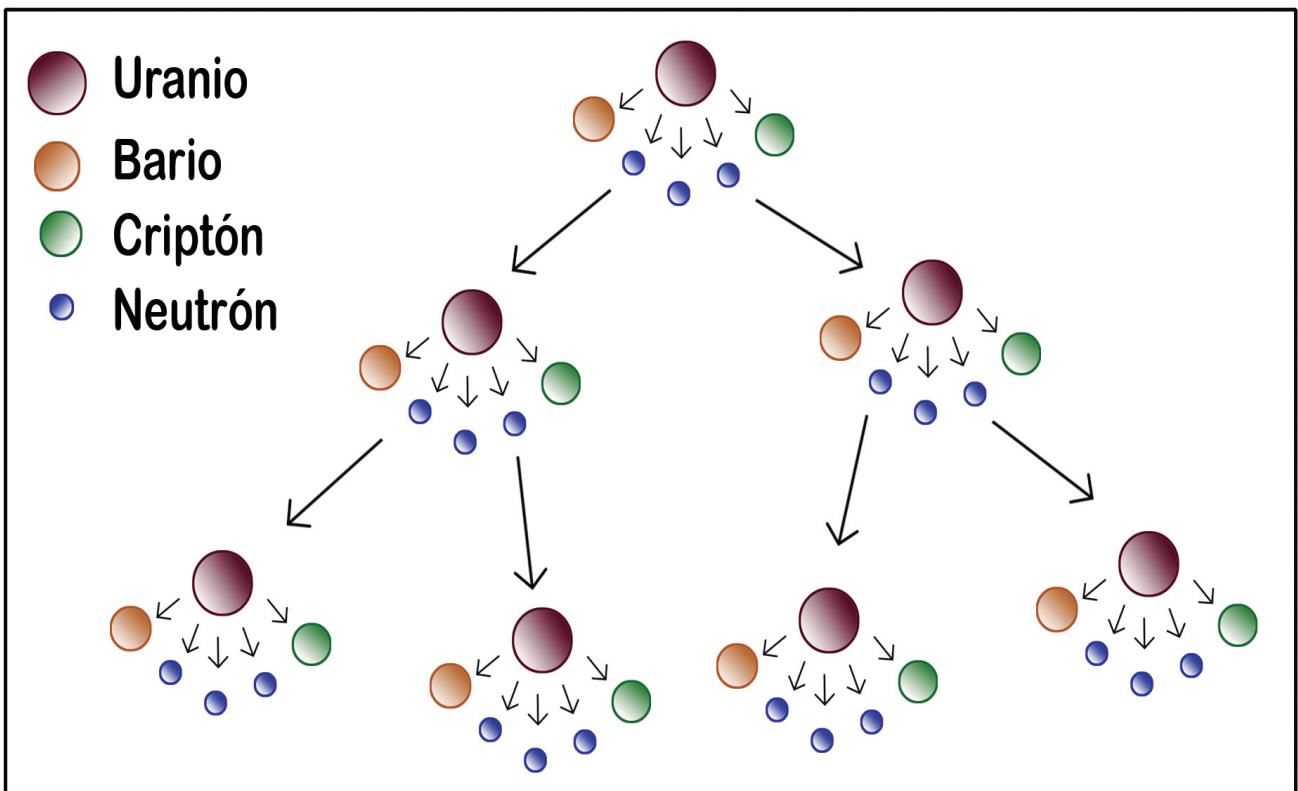
En la vida real, una gran exposición accidental de todo el cuerpo a una gran dosis de radiación gamma no controlada no convertirá a nadie en un superhéroe. Al contrario, ¡puede comprometer seriamente tu salud! La radiación gamma puede matar o cambiar la estructura de las células. Cuando altera la estructura de las células, provoca cambios en la reproducción de estas células, provocando una mutación. Esta mutación puede pasar desapercibida, como un lunar o una llaga, o puede tener consecuencias importantes, como cánceres o la muerte. Pero la comunidad científica, a través de varios estudios, descubrió cómo utilizar esos mismos rayos gamma a favor de nuestra salud. La medicina nuclear usa rayos gamma para tratar una variedad de cánceres. En este caso, se dirige un haz de rayos a las células enfermas para debilitarlas o eliminarlas. Pero siempre se hace con mucho cuidado, con atención a las dosis de radiación adecuadas para cada tipo de célula y para cada paciente.

## ¿CÓMO PUEDE UN ÁTOMO LIBERAR ENERGÍA?

Hay distintas formas de interactuar con el núcleo de los átomos.

- **Fusión nuclear:** los núcleos de los átomos LIVIANOS se fusionan, transformándose en átomos más grandes y liberando grandes cantidades de energía. Esto sucede dentro de las estrellas.
- **Fisión nuclear:** algunos núcleos de átomos PESADOS se fisionan (rompen), transformándose en átomos más pequeños y liberando grandes cantidades de energía. Esto sucede en los reactores para generar electricidad.

### ESQUEMA SIMPLIFICADO DE CÓMO OCURRE LA FISIÓN NUCLEAR



### DESPUÉS DE TODO, ¿QUÉ ES LA FISIÓN NUCLEAR?

El núcleo del átomo de uranio es bombardeado con un neutrón. El átomo se divide en dos átomos más pequeños, como el bario y el criptón, y libera entre dos y tres neutrones más. Cada vez que esto sucede, también se libera una gran cantidad de energía que estaba almacenada en el núcleo. Los neutrones (ahora fuera del núcleo) que se frenan en el agua, bombardearán otros átomos de uranio, que liberarán más neutrones que bombardearán más átomos. Llamamos a este proceso una "reacción en cadena". ¡La energía generada es tal que puede iluminar efectivamente una ciudad entera! Sí, recuerdas que el uranio es un material radiactivo. Por eso, todo este proceso requiere mucha tecnología, profesionales especializados y, sobre todo, mucho cuidado y responsabilidad. ¡Lo comprobarás, paso a paso, en los próximos capítulos!

# ANALICEMOS LO QUE YA HACEMOS PARA MEJORAR LA PRODUCCIÓN DE ELECTRICIDAD

Argentina es un país de recursos hídricos y de hidrocarburos, la mayor parte de su energía proviene de la quema de estos combustibles fósiles. Históricamente, Argentina enfrenta algunas condiciones climáticas desfavorables y los combustibles fósiles son recursos no renovables. Por este motivo nuestro país viene diversificando su matriz energética desde los años 60. Veamos hitos históricos de las últimas décadas:

- La Central Nuclear Atucha I, llamada actualmente Presidente Juan Domingo Perón, inició su construcción en junio de 1968 y se convirtió en la primera central nuclear de potencia de América Latina. Fue conectada al Sistema Eléctrico Nacional el 19 de marzo de 1974 y comenzó su producción comercial el 24 de junio de ese mismo año. Lleva actualmente más de 49 años entregando energía al país.
- La Central Nuclear Embalse es la segunda planta nuclear construida en Argentina. Su construcción se inició el 7 de mayo de 1974, comenzando a operar comercialmente el 20 de enero de 1984.
- La Central Nuclear Atucha II, llamada actualmente Presidente Dr. Néstor Carlos Kirchner, inició su construcción en 1982 y comenzó a entregar energía a la red el 27 de junio de 2014, luego de que su construcción estuviera paralizada de 1994 hasta 2006.
- La Central Nuclear Embalse funcionó de manera continua hasta el 31 de diciembre de 2015 cuando finalizó su primer ciclo operativo y se dio inicio al proyecto de Extensión de Vida. La central alcanzó con éxito la puesta a crítico de su reactor el 4 de enero de 2019, iniciando el segundo ciclo operativo por 30 años más.
- El CAREM es el primer reactor nuclear de potencia íntegramente diseñado y construido en la Argentina. Comenzó su construcción el 8 de febrero de 2014 y se estima que en 2027 comenzará a funcionar entregando energía al Sistema Eléctrico Nacional.

## DESAFÍO

### ¡BUSQUEMOS UN POCO PARA APRENDER MUCHO!

Con el crecimiento de la población y, en consecuencia, la creciente demanda de energía, es deseable que Argentina no dependa sólo de los recursos fósiles e hídricos y pueda diversificar sus matrices energéticas para complementar en caso de necesidad. Investiga y explica aquí las posibles formas de producción de energía eléctrica. Elegí una de estas, puede ser carbón, petróleo, gas natural, hídrica, biomasa, energía solar, eólica o nuclear y respondé ¿Cuáles son las ventajas y desventajas del tema elegido?



.....

.....

.....

.....

.....

.....

## MIS ANOTACIONES:

A large sheet of white paper with horizontal grey lines for writing. A vertical red line is positioned on the left side, creating a margin. The paper has a slight shadow and a curled bottom-right corner, suggesting it is a page from a notebook or binder.

---

# ¿QUÉ ES EL CICLO DEL COMBUSTIBLE NUCLEAR?

---



# CICLO DEL COMBUSTIBLE NUCLEAR

Aprendiste que la quema de combustibles fósiles provoca importantes impactos ambientales y consecuencias indeseables en la atmósfera, el agua, el suelo y la propia salud humana.

Una pastilla de uranio que pesa solo 6 gramos equivale aproximadamente a:



3 BARRILES DE PETRÓLEO

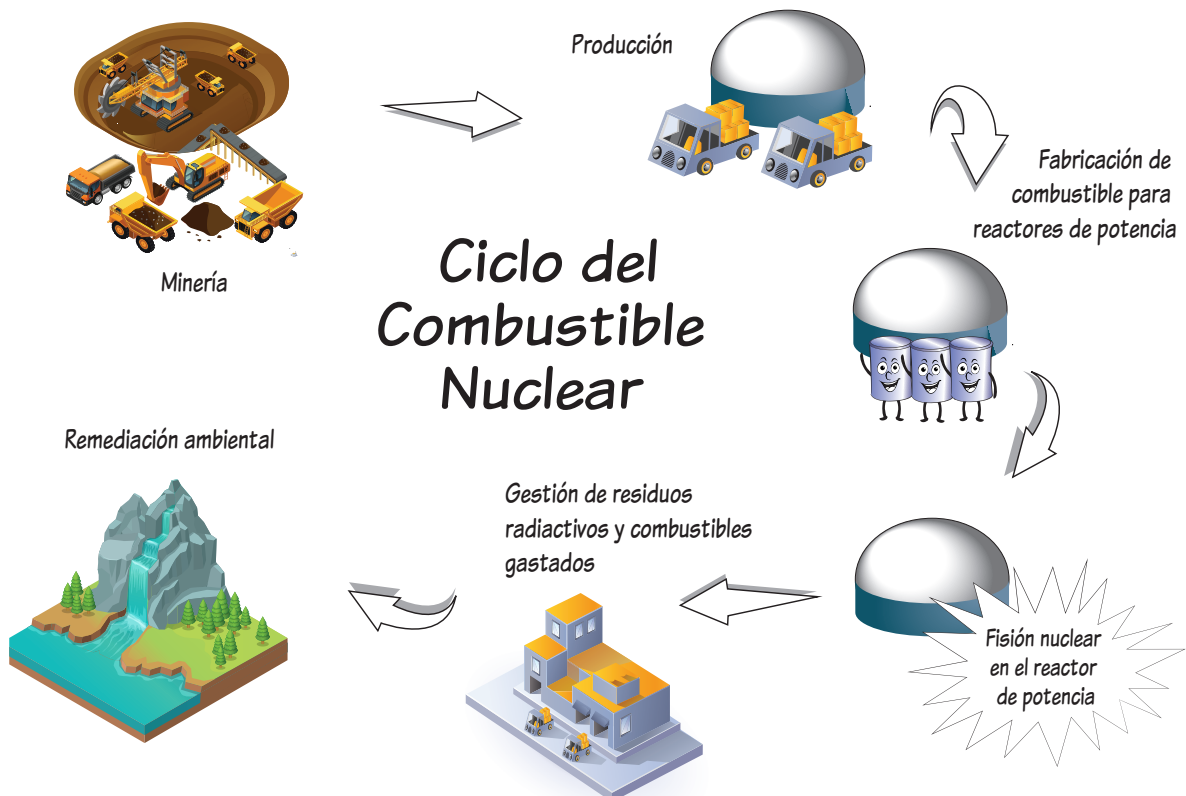


2,5 TONELADAS DE LEÑA



1 TONELADA DE CARBÓN

El uranio es un mineral que se encuentra en la naturaleza. Sufre una serie de transformaciones hasta ser utilizado como combustible en centrales nucleares para generar electricidad. Este proceso se denomina "ciclo del combustible nuclear". En este capítulo, veremos paso a paso.



Fuente: [www.argentina.gob.ar/cnea/tecnologia-nuclear/ciclo-del-combustible-nuclear/etapas](http://www.argentina.gob.ar/cnea/tecnologia-nuclear/ciclo-del-combustible-nuclear/etapas)

## ¿CÓMO ES EL PROCESO PASO A PASO?



**MINERÍA:** Exploración, Extracción y Remediación ambiental  
El uranio es el principal elemento que interviene en el ciclo del combustible nuclear. Se encuentra en algunas formaciones rocosas en la naturaleza. Primero, se realiza el cateo para determinar, mediante técnicas geológicas, en que zonas se

halla el mineral. En el siguiente paso, la prospección, se toman muestras del suelo para evaluar cuánto uranio hay y determinar en qué zona se encuentra la mina y posteriormente se realiza la extracción del mineral de los yacimientos.

La CNEA trabaja en la remediación de aquellos lugares donde se desarrollaron actividades de minería del uranio. Utilizando las tecnologías adecuadas, las minas y plantas de concentrado de uranio ya inactivas en nuestro país se restituyen a un estado de impacto ambiental mínimo, seguro y sustentable.

### PROCESAMIENTO: Producción

Una vez extraído el mineral se purifica, es decir, se eliminan del uranio muchas impurezas que pueden comprometer las propiedades del combustible nuclear.



**TORTA AMARILLA:** El uranio se concentra en forma de una sal amarillenta, conocida como torta amarilla. Yellowcake es la materia prima para la fabricación de combustible nuclear. Pero la torta amarilla todavía contiene muchas impurezas.

**CONVERSIÓN:** La torta amarilla se disuelve y purifica, minimizando aún más sus niveles de impurezas. Luego se transforma en hexafluoruro de uranio ( $UF_6$ ) que se encuentra en estado gaseoso. A continuación, se lo disuelve en ácido nítrico para obtener nitrato de uranio y posteriormente se lo convierte en dióxido de uranio ( $UO_2$ ) que se utiliza para la fabricación del combustible.

## ACTIVIDAD INTERACTIVA EN INTERNET

¿Aprendiste en la escuela cómo funciona una planta termoeléctrica para generar energía? ¿Recuerdas cómo funciona? Prueba tus conocimientos.



## ¿HA ESCUCHADO ALGUNA VEZ SOBRE EL ENRIQUECIMIENTO DE URANIO?

El uranio es un mineral presente en la naturaleza. Se considera un elemento químico "pesado", ya que tiene 92 protones. Sin embargo, hay varios tipos de uranio en la naturaleza. En lenguaje científicamente correcto, decimos que hay varios ISÓTOPOS de uranio en la naturaleza. Compruébalo a continuación.

### EL URANIO (U) ES UN ELEMENTO QUÍMICO QUE TIENE DISTINTOS ISÓTOPOS:

- U-234: 92 protones + 142 neutrones (hay muy pocos en la naturaleza)
- U-235: 92 protones + 143 neutrones (corresponde al 0,7% del uranio natural y es usado en reactores para causar fisión y generar energía)
- U-238: 92 protones + 146 neutrones (corresponde al 99,3% del uranio que se encuentra en la naturaleza)

Como podés ver, la mayor parte del uranio que se encuentra en la naturaleza es el isótopo U-238. Cuando se hace minería, este es el isótopo más abundante. Mezclado con U-238 hay solo una parte muy pequeñita de U-235. Sin embargo, no todos los isótopos son eficientes para la generación de energía y el isótopo que necesitamos es precisamente el U-235. Es por eso que los científicos inventaron el proceso conocido como ENRIQUECIMIENTO DE URANIO. El proceso de enriquecimiento de uranio consiste en aumentar la concentración de uranio-235 para poder producir combustible nuclear. El hexafluoruro de uranio (en estado gaseoso) se coloca en potentes centrífugas que separan físicamente los átomos de U-238 de los átomos de U-235, con el fin de aumentar la concentración de este isótopo, más apto para la producción de energía.

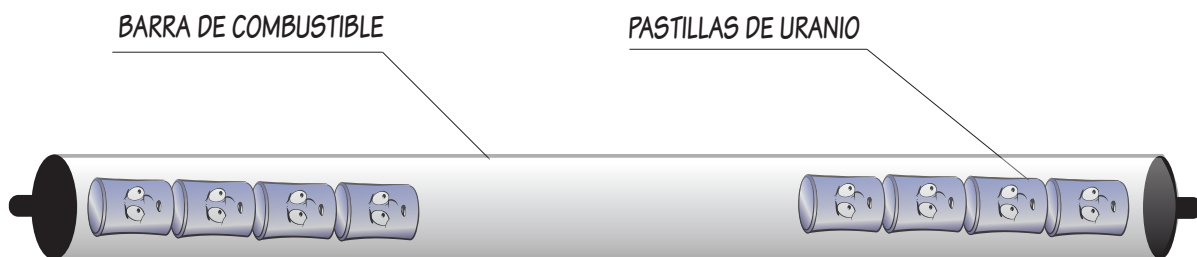
## ¿PUEDE ARGENTINA ENRIQUECER URANIO?

Pocos países tienen el privilegio de ser reconocidos internacionalmente por contar con instalaciones y tecnología para el enriquecimiento de uranio. Cuando Argentina tomó la iniciativa de construir centrales nucleares se fijó como un objetivo estratégico dominar la tecnología del ciclo del combustible, para evitar la dependencia de terceros países y entonces se optó por el ciclo de uranio natural. A fines de la década del 70 la Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA), comenzó la construcción del Complejo Tecnológico Pilcaniyeu (CTP) para desarrollar la tecnología para producir uranio levemente enriquecido para la fabricación de elementos combustibles para reactores de potencia y de investigación dentro de las fronteras del país. En 2006 con el relanzamiento del Plan Nuclear Argentino, se retomó este proyecto. Así fue que en 2014 se comunicó que Complejo Tecnológico Pilcaniyeu había alcanzó los valores que acreditan el enriquecimiento leve de Uranio en su isótopo 235 para usos pacíficos.

## ¿QUÉ PASA DESPUÉS DE PRODUCIR EL DIÓXIDO DE URANIO?

Después de la obtención del dióxido de uranio. ¡Sí, una interacción química! El uranio, que estaba en estado gaseoso ( $UF_6$ ) vuelve al estado sólido, en forma de polvo. Las pastillas de uranio se fabrican a partir de polvo de dióxido de uranio ( $UO_2$ ) para componer combustible nuclear para la generación de energía en plantas de energía nuclear.

Las pastillas de uranio se colocan en un conjunto de tubos especiales llamados "barras de combustible". Estos tubos están hechos de zircaloy, una aleación de zirconio, normalmente utilizada en la industria nuclear para recubrir barras de combustible.



Sin embargo, una sola barra no es suficiente. El elemento combustible para alimentar un reactor está formado por el ensamblaje de muchas barras de combustible. Para que se hagan una idea, dependiendo de la configuración del reactor, un único elemento combustible puede estar compuesto por un conjunto de muchas barras. Por ejemplo, Atucha I tiene un combustible de 37 barritas, de 5,3 m de largo cada una.

## PASTILLAS DE URANIO DESPUÉS DE SALIR DEL REACTOR

*Gestión de los residuos radiactivos y los combustibles gastados* - Cuando los combustibles gastados son extraídos del reactor se acondicionan y almacenan en forma segura en los mismos predios de las centrales. Primero se llevan a piletas donde pasarán en promedio unos 7 años. Luego son trasladados a un almacenamiento en seco.

### CONOCER PARA OPINAR

Aprendiste cómo funciona el ciclo del combustible nuclear. También conociste que Argentina es un país pionera en el mundo en el desarrollo de tecnología nuclear. Esto puede representar contribuciones económicas, con más inversión en el mercado interno, en la calificación de profesionales y en la generación de empleos. En el tema social, esta forma de producción de energía, como complemento a las de combustible fósiles y las hidroeléctricas, es una opción para garantizar energía a la población en distintas condiciones. En Argentina la producción de electricidad a partir de las 3 centrales nucleares instaladas es un poco menos del 10% del total y al funcionar de manera continua son centrales de base en la generación eléctrica. Es decir, que cada vez que usamos en nuestras casas electricidad, el 10% proviene de la energía nuclear.

## ¿ES CIERTO QUE EL URANIO ENRIQUECIDO SE PODRÍA UTILIZAR PARA LA CONSTRUCCIÓN DE BOMBAS NUCLEARES?

Sí, como todas las tecnologías, la tecnología nuclear puede usarse con fines bélicos o con fines pacíficos. ¡Pero no es tan simple!

El proceso de enriquecimiento de uranio es muy complejo, costoso, lento y requiere una tecnología muy avanzada. Pocos países tienen los medios, la tecnología y los conocimientos para hacerlo.

Para la generación de electricidad es necesario aumentar la concentración de U-235 a menos del 5%. Argentina usa combustibles de uranio natural, es decir U-235 al 0,7% y combustibles levemente enriquecidos, es decir, U-235 al 0,85%.

Se requiere mucha tecnología, dinero y tiempo para aumentar la concentración en solo un 5%. Pero es suficiente para generar energía con calidad.

Para construir una bomba atómica habría que aumentar la concentración de U-235 en un 95%. Esto no lo pueden hacer personas en sus garajes o incluso en laboratorios. Esto sólo podría hacerse en grandes instalaciones nucleares.

Casi nadie podría disponer de tales instalaciones "a escondidas". Es cierto que muchos países invierten en programas nucleares. Resulta que todos los programas nucleares en todos los países son supervisados por organizaciones internacionales, que prohíben el enriquecimiento de uranio con fines bélicos y monitorean de cerca el progreso de cada país en sus programas.

Por tanto, aunque es posible en teoría, su implementación es muy difícil en la práctica. Cuando escuches sobre el uranio enriquecido, tené en cuenta que ¡EL PROPÓSITO PRINCIPAL DEL ENRIQUECIMIENTO DE URANIO ES LA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA, en beneficio de toda la población!

### ACTIVIDAD INTERACTIVA EN INTERNET

La energía nuclear es utilizada por muchos países. Francia, por ejemplo, utiliza predominantemente la energía nuclear, no solo en su mercado interno, sino también para la exportación. ¡París, conocida como la "Ciudad de la Luz" debe su iluminación a la energía nuclear! Consulta aquí ésta y otras curiosidades.



# CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE VANGUARDIA AL SERVICIO DE LA POBLACIÓN

## DESAFÍO:

El ciclo del combustible nuclear es una secuencia de pasos en el proceso que transforma el uranio que se encuentra en la naturaleza en combustible para la generación de energía. Prueba tus conocimientos. Completa correctamente los espacios. Encontrarás todas las respuestas en el tablero de sopa de letras.

Primero se hace [\_\_\_\_\_], para extraer el mineral de los yacimientos. Entonces comienza el [\_\_\_\_\_] del uranio. El uranio es [\_\_\_\_\_] y luego se concentra en forma de una sal amarillenta, el [\_\_\_\_\_].

Luego se transforma en hexafluoruro de uranio, que es uranio en estado gaseoso. Por lo tanto, permanece estable en condiciones razonables de presión y temperatura. Esto permitirá la producción posterior de [\_\_\_\_\_] de uranio.

El uranio en este estado sirve para que se fabriquen las [\_\_\_\_\_], que compondrán el [\_\_\_\_\_] nuclear. Se colocan en [\_\_\_\_\_] combustibles. Juntas forman el elemento combustible. En las plantas de energía nuclear, entonces se producirá electricidad.



B P A M P I P A S T I L L A S Í P E  
E A R M I N E R Í A T O I T E R A N  
N S O I A T A C O M B U S T I B L E  
E T C N O P U R T I E N Ó D O A T I  
S Í R E T A S B O L A Y E L L R I A  
T L P R O C E S A M I E N T O R L E  
A O B A Y R A S V E L P A Ó N A L A  
D Y E L L O W C A K E E M A I S Ó S  
O R E A C T E U R D I Ó X I D O N E

# MIS ANOTACIONES:

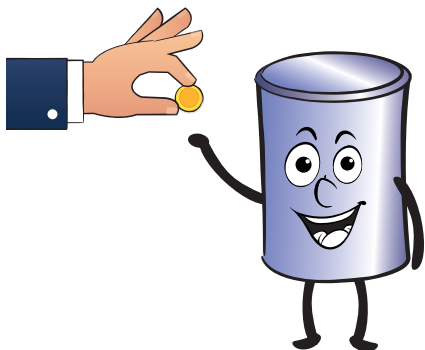
A large sheet of lined paper with a teal header and a red margin line. The paper is mostly blank, with a few faint lines visible at the bottom right corner.

---

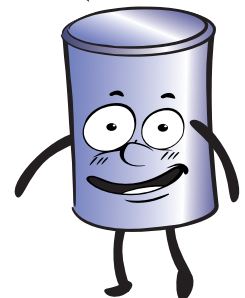
# ¿CÓMO FUNCIONA UN REACTOR NUCLEAR?

---

¡BUEN TRABAJO JOVEN! ¿QUÉ VAS A HACER CON EL DINERO DE TU SUELDO?



¡ES QUE UN DÍA QUIERO SER UN URANIO ENRIQUECIDO!



## ¿PODEMOS PRODUCIR ENERGÍA EN CASA?

Entre tantas formas de energía que conoce el ser humano, podemos mencionar la energía eléctrica, térmica, química, cinética, estática y muchas otras. Podemos transformar estas energías. Probá el experimento a continuación.

### VAS A NECESITAR:

- papel cortado en trozos muy pequeños
- 1 peine para el cabello

Peina tu cabello muchas veces (¡o despéinalo con el peine!). Luego acércalo al papel triturado, sin tocar el papel. Si realizaste el experimento correctamente, los pedazos de papel serán atraídos por el peine.

### ¿COMO SUCEDIÓ ESTO?

Esto sucedió gracias al fenómeno de la electricidad estática. Cuando frotamos el peine sobre el cabello, los átomos de ambos se encuentran y acaban desplazándose y "transfiriéndose" electrones entre sí. El peine tiene entonces un exceso de carga eléctrica. La electricidad estática es una acumulación de cargas eléctricas y puede producirse por fricción entre materiales de diferente naturaleza, como el experimento que acabamos de mencionar.

## ¿CÓMO SE PRODUCE LA ENERGÍA ELÉCTRICA EN UN REACTOR?

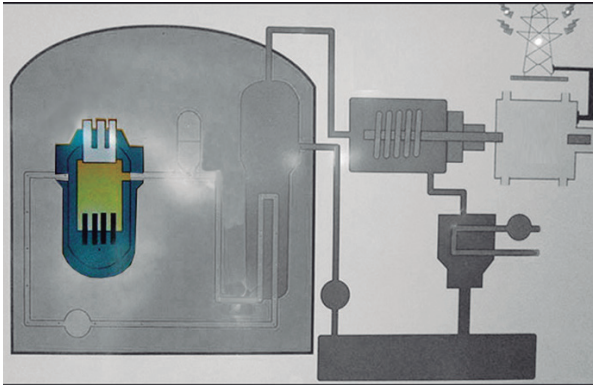
En una central hidroeléctrica, la fuerza del agua hace girar las turbinas que impulsarán un generador eléctrico, generando la electricidad que llega a los hogares a través de las redes de distribución. Para la producción de energía eólica, la fuerza del viento hace girar las hélices, conectadas a turbinas que impulsarán generadores, produciendo energía eléctrica que llegará también a los hogares.

En el caso de la energía nuclear, la energía se genera en el interior de los reactores, mediante el proceso de Fisión nuclear.

El principio de funcionamiento de los reactores nucleares es convertir la energía que existe en los núcleos de los átomos radiactivos (conocida como energía atómica) en otro tipo de energía: la energía eléctrica.

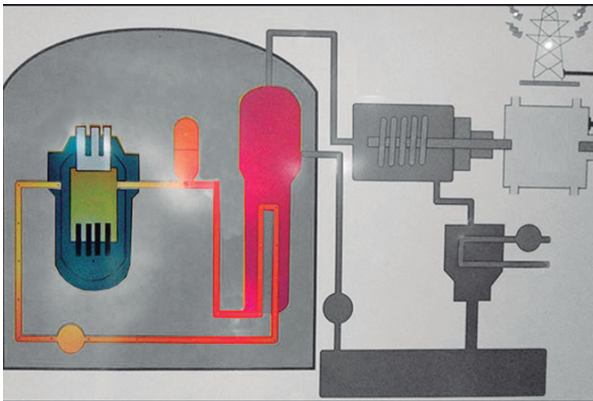
La energía liberada por la fisión nuclear calienta el agua, produciendo vapor, cuya fuerza hace girar las turbinas que mueven los generadores, produciendo energía eléctrica que será distribuida a los hogares. Veamos el paso a paso a continuación.

# ¿CÓMO FUNCIONA EL CICLO TÉRMICO EN UNA CENTRAL NUCLEAR?



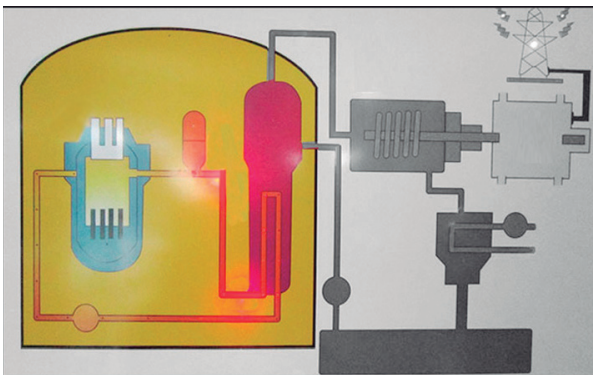
1.

La fisión nuclear tiene lugar en el núcleo del reactor. Se produce la reacción en cadena en la que los neutrones fisionan los núcleos de los átomos de uranio, liberando gran cantidad de energía.



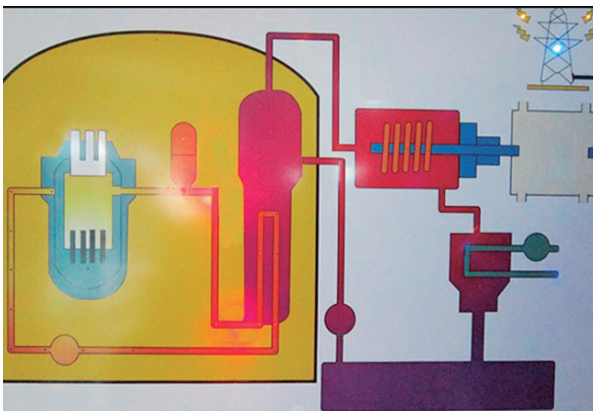
2.

El calor es uno de los productos de la fisión nuclear. El calor se transfiere al agua del refrigerante del sistema primario.



3.

Todo esto sucede dentro del recipiente de presión, que tiene la función de impedir la salida de material radiactivo al ambiente.



4.

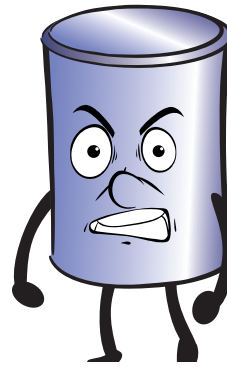
Esta agua se convierte en vapor a alta presión en los generadores de vapor del circuito secundario y hace girar la turbina acoplada a los generadores electromagnéticos, que pasan la corriente eléctrica a los transformadores y a la red eléctrica.

Este es un esquema de reactor presentado en el Museo de Ciencias Nucleares de Pernambuco. Un museo para la socialización de la información científica entre la población.

## ¿Y QUÉ PASA CON EL AGUA SOBRECALENTADA?

*¡El exceso de calor debe eliminarse del sistema! El calor necesita ser controlado, intercambiando constantemente esta energía térmica con el ambiente.*

*Mucha gente piensa que el agua del reactor se libera al ambiente, contaminando y comprometiendo el agua, la fauna y la flora. El agua que está en contacto directo con el núcleo del reactor está contenida en el sistema primario y no se mezcla nunca con el agua del ambiente.*



*El agua del ambiente (ya sea del río, el lago, etc.) que se utiliza para la última etapa de refrigeración del sistema, ingresa a través de un tubo separado que forma parte del circuito terciario, intercambia solo energía térmica y regresa al ambiente ligeramente más cálida.*

*Las dos aguas se mantienen en conductos separados, aislados con materiales blindajes adecuados, de forma que única y exclusivamente pueden intercambiar calor. Este es un requisito de seguridad: garantizar que el agua de refrigeración del sistema terciario no se contamine en ningún caso..*

### **PARA PENSAR:**

*¿POR QUÉ HAY TANTO DESCONOCIMIENTO SOBRE LA ENERGÍA NUCLEAR?*

*No estudiamos la historia de la aviación desde los grandes accidentes aéreos, ni estudiamos la historia de la navegación desde los terribles naufragios. ¡Pero la gente, a través de la información errónea, parece saber acerca de la tecnología nuclear a partir de accidentes!*

*Es cierto que los grandes accidentes traen consecuencias a las personas y el ambiente. ¡Y cualquier actividad humana está sujeta a tener fallas! Véase el ejemplo de fugas de productos químicos en los mares o rotura de presas. Pensemos en aviones, transporte de materiales peligrosos (como gasolina o alcohol) y otras actividades consideradas peligrosas. ¡Aceptamos estas actividades porque sabemos que la tecnología está hecha para trabajar y traer grandes beneficios a la población! ¡Tengamos en cuenta que la probabilidad de un accidente mayor en nuestras centrales es de 1 en 10 millones de años! También consideremos que hasta la publicación de este libro no se reportaron accidentes en ninguna de las centrales. Ahora, con más información, podemos replantearnos que opinión tenemos sobre la energía nuclear y sobre construir nuevas plantas en nuestro país.*

# RETO: INVESTIGEMOS UN POCO PARA APRENDER MUCHO!

En Argentina, por el momento, existen centrales nucleares de potencia en las provincias de Buenos Aires y Córdoba. ¿Qué sabés de las tres centrales nucleares de nuestro país? Elije una planta de energía para investigar.



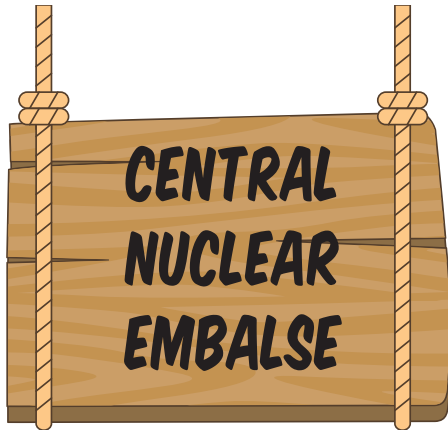
- ¿En qué año se inauguró esta planta?
- ¿Qué tipo de reactor utiliza?
- ¿Cuál es su capacidad de producción de energía?

.....

.....

.....

.....



- ¿En qué año se inauguró esta planta?
- ¿Qué tipo de reactor utiliza?
- ¿Cuál es su capacidad de producción de energía?

.....

.....

.....

.....



- ¿En qué año se inauguró esta planta?
- ¿Qué tipo de reactor utiliza?
- ¿Cuál es su capacidad de producción de energía?

.....

.....

.....

.....

MIS ANOTACIONES:

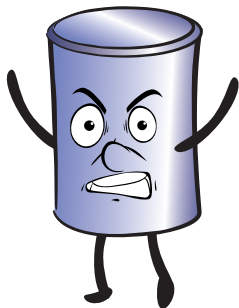
A large area of lined paper for taking notes, with a vertical red margin line on the left side. The paper is white with light blue horizontal lines. The top of the page is a teal header with the text "MIS ANOTACIONES:". The bottom right corner of the paper is slightly curled up.

---

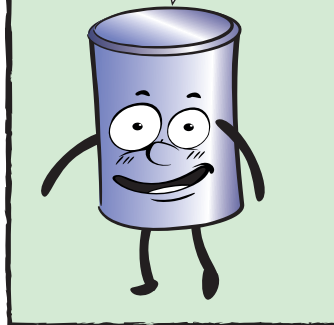
# ¿CUÁLES SON LOS IMPACTOS EN LA SOCIEDAD?

---

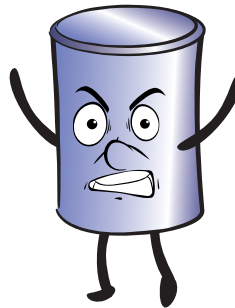
¿LO QUE NOSOTROS QUEREMOS?



**ENERGIA LIMPIA**



¿CÓMO LA QUEREMOS?

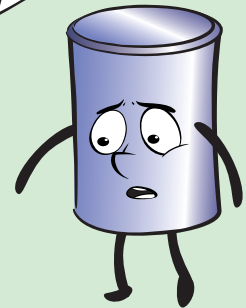


oye, no sé

pregunta difícil...

¿Alguien puede decirme?

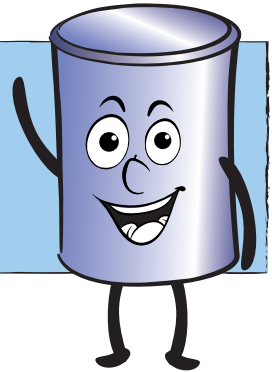
¿Cuáles serían las opciones?



## FUENTES COMPLEMENTARIAS PARA LA GENERACIÓN DE ENERGÍA LIMPIA

La generación de energía eléctrica es uno de los mayores problemas de nuestro país. Ya aprendimos que la mayor parte de nuestra electricidad se genera a partir de recursos fósiles y en menor medida las hídricas. También conocimos que por diferentes condiciones como por ejemplo las climáticas (como la falta de lluvias o sequías) y no climáticas (como la falta de agua en los embalses), el abastecimiento a la población puede verse comprometido. En un momento en el que usamos cada vez más la electrónica, es necesario buscar nuevas fuentes de generación de energía. La energía nuclear es una opción limpia, segura y eficiente. ¡Pero una gran parte de la población desconoce el tema y no puede formarse una opinión al respecto!

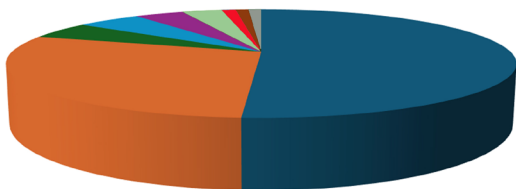
La juventud tiene el derecho y el deber de intervenir en su realidad, modificar su entorno, extender su conocimiento a su familia y a su comunidad. Por eso traemos este tema tan hablado y controvertido en nuestro país: la generación de energía nuclear.



## MATRIZ ENERGÉTICA EN ARGENTINA

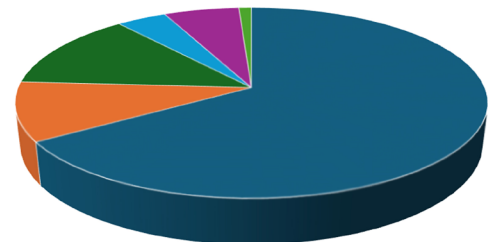
Ante la necesidad de diversificar y complementar nuestro modelo energético, nuevas formas de producción de energía, como la eólica y la solar, van ganando terreno. Según Boletín 41 elaborado y emitido por la Subgerencia de Planificación Estratégica, Comisión Nacional de Energía Atómica, en 2018 se predice la siguiente matriz energética para 2025.

Matriz de Energía Primaria 2025 Tendencial



Gas Natural 51%	Petróleo 29%	Hidráulica 5%
Nuclear 5%	Eólico+Solar 3,8%	Otros Primarios 3,1%
Leña 1,1%	Bagazo 1,0%	Carbón Mineral 1,0%

Matriz Energética Argentina - 2019



Gas Natural 66%	Petróleo 10%
Hidráulica 13%	Nuclear 4%
Renovables 6%	Carbón y derivados 1,0%

## DESAFÍO

Con todos estos nuevos conocimientos, analiza el gráfico anterior y responde: ¿cuáles de estas energías se consideran limpias? ¿Cuáles dependen de factores climáticos para garantizar su eficiencia productiva?

## ¿CUÁL ES EL APOORTE DE LA ENERGÍA NUCLEAR EN ARGENTINA?

Ya aprendiste que hoy las únicas provincias con centrales nucleares de potencia son Buenos Aires (en la ciudad de Lima) y Córdoba (en la ciudad de Río Tercero).

### ✿ ATUCHA I

La primera central nuclear argentina y de Latino América. Entró en operación en 1974. Opera con un reactor PHWR (Reactor de Agua Pesada a Presión). Produce 362MW eléctricos ¡Genera energía capaz de abastecer a una ciudad de medio millón de habitantes!

### ✿ EMBALSE

La segunda central nuclear argentina. Comenzó a operar en 1984, a fines del 2015 se inició la extensión de vida de la central y volvió a operar en enero de 2019. Es un reactor CANDU de agua pesada. Produce 656 MW eléctricos. ¡La energía generada en Embalse podría abastecer a una ciudad del millón de habitantes!

### ✿ ATUCHA II

Es la tercera central construida en Argentina. Entró en operación en junio de 2014 y produce 745 MW eléctricos, ¡lo que sería energía suficiente para abastecer a una ciudad de más de un millón de habitantes!

## PARA REFLEXIONAR

A diferencia de los combustibles fósiles, la energía nuclear no libera contaminantes a la atmósfera, contribuyendo a la generación de energía limpia y ecológicamente sostenible. ¿Cuáles serían las principales ventajas y desventajas de la energía nuclear en la actualidad?

### DESVENTAJA

Utiliza como combustible materiales radiactivos como el uranio. El uranio hasta el momento no es un recurso renovable. Produce residuos radiactivos que tienen que ser procesados. Otra desventaja es la pobre imagen pública que tiene la energía nuclear en general debido al miedo de la población a accidentes o fugas de material radiactivo, aunque estos eventos sean de muy baja probabilidad.

### VENTAJA

Las centrales nucleares no dependen de factores climáticos (como la lluvia, el sol o el viento) lo que hace que sea previsible su uso y planificación, a largo plazo, son económicamente ventajosas para la población. No producen gases de efecto invernadero y tienen muy bajo impacto ambiental. Son muy eficientes (se obtiene mucha energía con poco combustible). El costo de producir energía nuclear, a largo plazo, no es oneroso en comparación con otras formas de producción de energía. Recuerda: nuestras 3 centrales nucleares generan energía limpia con capacidad para abastecer alrededor de 3 millones de habitantes.

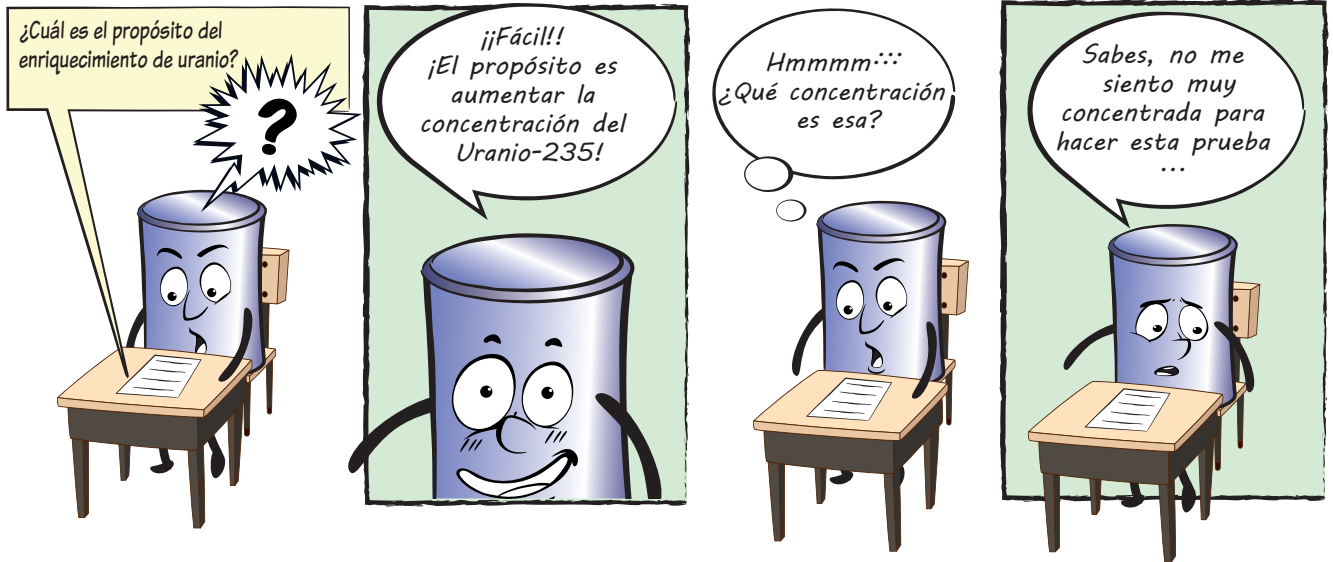
MIS ANOTACIONES:

A large area of lined paper for taking notes, with a vertical red margin line on the left side. The paper is white with light blue horizontal lines. The top of the page is a teal header with the text "MIS ANOTACIONES:". The bottom right corner of the paper is slightly curled up.

---

# ¡PRUEBA TUS CONOCIMIENTOS!

---



# CIENCIAS NUCLEARES Y CONOCIMIENTOS GENERALES

## 1

Todas las cosas en el mundo están formadas por elementos químicos, también conocidos como átomos. Los átomos están formados por protones, electrones y neutrones. Lee atentamente las siguientes afirmaciones y marca si son verdaderas o falsas.

- Los átomos están formados por un núcleo que contiene protones y neutrones y están rodeados de electrones.
- Los protones tienen carga positiva, los electrones tienen carga negativa y los neutrones no tienen carga positiva ni negativa.
- Los experimentos nucleares se pueden realizar a temperatura ambiente porque solo involucran interacciones entre electrones.
- Es posible producir reacciones nucleares en el interior de los reactores, en condiciones de muy alta presión y temperatura.

## 2

Aprendiste que el núcleo de los átomos es de difícil acceso. Las interacciones con los núcleos de los átomos pueden ocurrir a través de distintos procesos como fusión nuclear y fisión nuclear. Marca las alternativas correctas sobre FUSIÓN NUCLEAR.

- El calcio, el hierro y otros elementos químicos disponibles en la naturaleza se produjeron en las estrellas a través del proceso de fusión nuclear.
- La fusión nuclear es el proceso en el que los núcleos de los átomos se unen para formar átomos más grandes y liberar grandes cantidades de energía.
- El brillo y el calor que emanan de las estrellas son el resultado del proceso de fusión nuclear.
- Desde la década de 1980, la central nuclear de Embalse genera electricidad mediante la tecnología de fusión nuclear.

## CIENCIAS NUCLEARES Y CONOCIMIENTOS GENERALES

3

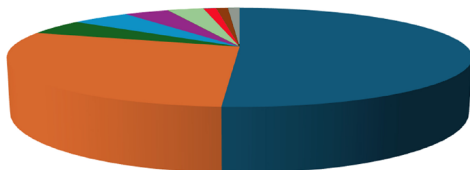
En el proceso de fisión nuclear, los núcleos de los átomos pesados se fisionan (se rompen), convirtiéndose en átomos más pequeños y liberando grandes cantidades de energía. ¿Sabes cómo sucede esto? Marca las afirmaciones correctas a continuación.

- La fisión nuclear tiene lugar en el interior de las estrellas, generando grandes cantidades de energía.
- En el proceso de fisión nuclear, el núcleo del átomo de uranio es bombardeado con un electrón.
- Cuando el núcleo de un átomo de Uranio-235 es bombardeado con un neutrón, se libera una gran cantidad de energía que estaba almacenada en el núcleo.
- Llamamos "reacción en cadena" a la liberación progresiva de neutrones que bombardearán los núcleos de más átomos de Uranio - 235 generando energía suficiente para abastecer a la población de toda una ciudad.

4

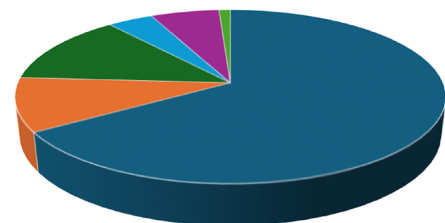
Aprendiste que la demanda de energía crece década tras década y es importante diversificar nuestras matrices energéticas. Analiza el aporte de cada una de las distintas formas de generación eléctrica al cierre de 2019.

Matriz de Energía Primaria 2025  
Tendencial



Gas Natural 51%	Petróleo 29%	Hidráulica 5%
Nuclear 5%	Eólico+Solar 3,8%	Otros Primarios 3,1%
Leña 1,1%	Bagazo 1,0%	Carbón Mineral 1,0%

Matriz Energética Argentina - 2019



Gas Natural 66%	Petróleo 10%
Hidráulica 13%	Nuclear 4%
Renovables 6%	Carbón y derivados 1,0%

- a. Identifique 3 de estos tipos de producción de electricidad que contribuyen a la gran emisión de contaminantes en la atmósfera contribuyendo al efecto invernadero: \_\_\_\_\_; \_\_\_\_\_; \_\_\_\_\_
- b. Identifique 2 de estos tipos de producción de electricidad que dependen de factores climáticos para asegurar su eficiencia en la producción de energía: \_\_\_\_\_; \_\_\_\_\_

## CIENCIAS NUCLEARES Y CONOCIMIENTOS GENERALES

### 5

5- Las fuentes de energía son recursos naturales, sometidos a procesos que transforman estos recursos en electricidad. La energía nuclear se genera a partir del uranio, que es un mineral. ¡Argentina es un país rico en yacimientos de uranio! El uranio se extrae de la naturaleza y se transforma en combustible capaz de generar enormes cantidades de energía. Lee atentamente las siguientes afirmaciones y marca si son verdaderas o falsas.

- El uranio es un mineral disponible en la naturaleza y el suelo de Argentina es rico en uranio.
- El uranio es un elemento metálico y radiactivo.
- La energía nuclear puede considerarse una energía limpia.
- La energía nuclear es una energía renovable.
- La eficiencia de la producción de energía nuclear depende de factores climáticos.
- La energía nuclear representa menos del 1% de la producción de electricidad en Argentina.

### 6

El ciclo del combustible nuclear abarca todo el proceso de fabricación del elemento combustible, desde la naturaleza hasta las centrales nucleares. La primera columna presenta los pasos en el orden en que ocurren. Relaciona cada paso con su definición correcta.

- |  |   |
|--|---|
| (1) Exploración  | ( ) Se restituyen las minas a un estado de impacto ambiental mínimo, seguro y sustentable.                                      |
| (2) Extracción   | ( ) Se toman muestras del suelo para evaluar cuánto uranio hay y determinar qué zona se ubica la mina                           |
| (3) Producción   | ( ) Las pastillas se colocan en tubos de zircaloy y se produce un conjunto de muchas barras que forman un elemento combustible. |
| (4) Fabricación de combustible para reactores de potencia    | ( ) Se obtiene el uranio de yacimientos.  |
| (5) Fisión nuclear en el reactor de potencia                 | ( ) El uranio se concentra en forma de sal amarillenta.   |
| (6) Gestión de residuos radiactivos y combustibles gastados. | ( ) Se retiran los combustibles gastados y se los almacena en la central.   |
| (7) Remediación ambiental                                    | ( ) Se colocan los combustibles dentro del reactor.   |

## CIENCIAS NUCLEARES Y CONOCIMIENTOS GENERALES

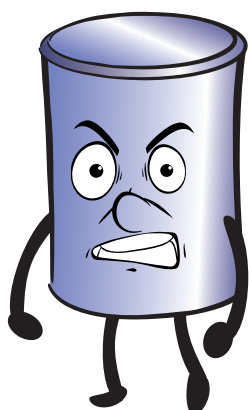
7

En una central hidroeléctrica, la fuerza del agua hace girar las turbinas que impulsarán un generador eléctrico, generando la electricidad que llega a los hogares a través de las redes de distribución. En el caso de la energía nuclear, la energía se genera en el interior de los reactores. Marca las afirmaciones correctas sobre el funcionamiento del ciclo térmico en una central nuclear.

- La energía se genera dentro de los reactores a través del proceso de fisión nuclear.
- En el núcleo del reactor se produce una reacción en cadena en la que los neutrones fisionan los núcleos de los átomos de Uranio - 235, liberando enormes cantidades de energía.
- El calor es uno de los productos de la fisión nuclear.
- El calor calienta el agua, que se convierte en vapor, que hace girar la turbina.
- Los generadores electromagnéticos pasan corriente eléctrica a los transformadores y, finalmente, a la red eléctrica que alimenta las residencias.

8

El miedo que la sociedad tiene sobre las radiaciones ionizantes limita el potencial de esta tecnología que puede contribuir a satisfacer la creciente demanda de energía en nuestro país. Publicaciones en Internet e incluso caricaturas sugieren que el agua del reactor se libera al medio ambiente, contaminando y comprometiendo el agua, la fauna y la flora. Escribe por qué estas afirmaciones son falsas y explica cómo se enfría el agua del reactor.



.....

.....

.....

.....

.....

.....

## CIENCIAS NUCLEARES Y CONOCIMIENTOS GENERALES

9

Aprendiste que la quema de combustibles fósiles provoca importantes impactos ambientales y consecuencias indeseables en la atmósfera, el agua, el suelo y la propia salud humana.

Una pastilla de uranio que pesa solo 6 gramos equivale aproximadamente a:



10

Cada año se colocan en el mercado más variedades de productos electrónicos: lámparas, microondas, computadoras, videojuegos y celulares son solo algunos ejemplos. ¡El consumo de energía en Argentina y en el mundo aumenta cada década y es necesario buscar formas sostenibles para satisfacer la demanda de la población! Después de entender el proceso de generación de energía nuclear, es hora de analizar la información disponible y emitir tu propia opinión. ¿Crees que Argentina se deberían construir nuevas centrales nucleares? Responde y justifica. Recuerda: no hay una respuesta incorrecta, siempre que tus justificaciones sean sólidas y científicamente fundamentadas.

.....

.....

.....

.....

.....

Este libro invita al lector al aprendizaje activo, a través de textos, ejercicios de reflexión, retos y ejercicios de fijación. Algunos desafíos de respuesta discursiva pueden responderse de diferentes maneras, dependiendo del conocimiento previo y la voluntad de investigación de cada joven. Para otros desafíos como pruebas de opción múltiple, búsqueda de palabras y verdadero o falso, se espera una respuesta correcta correspondiente al contenido enseñado. Consulta la resolución de los retos con respuestas objetivas en Internet.





## ***Sobre las autoras de esta mega master interesante colección***

***Prof. Dra. Denise Levy*** posee un doctorado y un post-doctorado en tecnología nuclear, especialización en tecnología educacional, en las áreas de Tecnología de la Información y Comunicación. Participa en proyectos de educación científica. Es profesora de cursos de post-grado en IPEN/USP y directora de comunicación institucional de la Sociedad Brasileira de Protección Radiológica.

***Prof. Dra. Anna Lucia Villavicencio*** posee un doctorado y un post-doctorado en ciencia de los alimentos y tecnología nuclear, es investigadora senior del Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN-CNEN/SP), coordinadora en IPEN del área de irradiación de alimentos con proyectos nacionales e internacionales y es profesora titular del curso de Irradiación de alimentos para post-graduados del IPEN/USP.

***Prof. Ing. Dra. Lourdes Torres*** es ingeniera en electrónica, especialista en aplicaciones tecnológicas de la energía nuclear y posee un doctorado en ciencias de la ingeniería. Es especialista en educación, investigadora de la Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA) en el reactor nuclear de investigación RA-6, directora del proyecto Aplicaciones en Reactores de Investigación. Es profesora en el Instituto Balseiro – UNCuyo y en el profesorado de Física de la UNRN. Es directora del proyecto de divulgación Las radiaciones en la vida cotidiana.

ISBN: 978-65-998959-2-0

