

# Bombas y energía nuclear, física del miedo y la salvación

Joan Leonardo Duarte-Bernal<sup>1</sup>

Cómo citar este artículo:

Duarte-Bernal, J. L. (2022). Bombas y generación nuclear, física del miedo y la salvación. *Pre-Impresos Estudiantes*, (22), 25-32.

## Resumen

Este escrito tiene como objetivo describir la física que hay detrás de las bombas nucleares, explicando sus principios físicos, su funcionamiento y las graves consecuencias que puede generar una guerra con ese tipo de armas. Así mismo, se mostrará que el mismo principio que puede causar destrucción y temor, también puede ayudar a salvar el planeta de una crisis climática, gracias a la generación de electricidad por medio de la energía nuclear. El estudio de la energía nuclear permite concluir que depende del ser humano usar la energía de los átomos para destruirse o salvarse a sí mismo; la apuesta es que la educación sobre estos temas contribuya a generar mayor conciencia social sobre la importancia de tomar decisiones basadas en el conocimiento científico acerca de este tipo de energía.

**Palabras clave:** energía atómica; fisión; fusión; reacción nuclear

## Abstract

The objective of this writing is to describe the physics behind nuclear bombs, explaining their physical principles, their operation, and the serious consequences that a war with this type of weapon can generate. Likewise, it will be shown that the same principle that can cause destruction and fear, can also help save the planet from a climate crisis, thanks to the generation of electri-

city through nuclear energy. The study of nuclear energy allows us to conclude that it depends on the human being, to use the energy of atoms, to destroy or save himself; The bet is that education on these issues contributes to generating greater social awareness about the importance of making decisions based on scientific knowledge about this type of energy.

**Keywords:** Atomic energy; fission; fusion; nuclear reaction

## Introducción

Pensábamos que los tiempos en que las personas temían una catástrofe nuclear en el planeta ya habían pasado, sin embargo, con la escalada de los conflictos actuales, el tema ha vuelto a resurgir. Las guerras en medio oriente, la más reciente invasión de Rusia a Ucrania, la posible entrada de China a Taiwán, la inestabilidad de Corea del Norte, la falta de voluntad de Irán por firmar un acuerdo nuclear, por nombrar algunas situaciones que generan tensión internacional, nos lleva a preguntarnos ¿qué pasaría si ocurriese una guerra nuclear? ¿En realidad las armas nucleares son tan peligrosas como dicen? En este contexto, este artículo busca describir y explicar que efectivamente lo son y por qué, pues como decía Einstein “no sé con qué armas se combatirá la tercera guerra mundial, pero la cuarta será con palos y piedras” (Universidad

<sup>1</sup> Estudiante de la Licenciatura en Física de la Universidad Pedagógica Nacional desde 2019. Matrícula de honor a lo largo de toda la carrera, por méritos académicos. Le interesa la física nuclear y de partículas. [jlduarte@upn.edu.co](mailto:jlduarte@upn.edu.co)

Peruana del Norte, 2020). El poder energético del núcleo atómico puede ser usado para destruir, pero también para salvar el planeta de la crisis climática y energética actual, pues el uso de la energía nuclear para generar electricidad junto a las energías renovables son la posible solución al problema de la producción de energía de una forma limpia.

Este artículo se enfoca en la explicación de los principios físicos de las armas nucleares, y del uso de la energía nuclear con fines pacíficos. De forma tal que la persona que lea pueda quedar con una buena fundamentación de la energía nuclear y pueda tomar la decisión de a que temerle y a que no.

Este trabajo surge del interés personal, por entender este tipo de temas que, si bien llama la atención, por lo general no se profundiza mucho en ello, pues poco se explica sobre cómo funciona la energía nuclear. Asimismo, tiene como fin compartir el conocimiento adquirido a lo largo de mi formación académica sobre la energía nuclear, por ello busca proporcionar una visión general que presenta tanto los aspectos negativos como los positivos de la energía nuclear, ya que muchos de los trabajos sobre este tema suelen privilegiar únicamente uno de los dos.

## Fundamentos de la energía nuclear

Empezaremos por lo más fundamental, los átomos. Para ello, es necesario abordar los conceptos básicos del fenómeno de la energía nuclear, así, hablaremos del núcleo; del átomo y cómo libera energía.

- **El átomo y el núcleo:** toda la materia que nos rodea está compuesta por átomos de distintos elementos, los átomos están compuestos por un núcleo donde se encuentran los protones y los neutrones, y unos electrones que están alrededor de dicho núcleo atómico. Ahora

bien, lo que diferencia a un elemento de otro es el número atómico (Z), que es básicamente la cantidad de protones que este tiene. Además, hay elementos con distinto número de neutrones, por lo cual es importante contar también el número de protones y de neutrones que tiene el núcleo, y que determina el número masico (A). Así pues, podemos decir que todos los elementos de la tabla periódica vienen caracterizados por esos dos números, lo anterior se representa mediante el esquema que se observa en la figura 1.

*Figura 1. Características principales de un elemento químico*



X=Elemento químico

A=Número de protones + neutrones

Z=Número de protones

Fuente: elaboración propia.

Así, lo anterior es importante, por ejemplo, si queremos referirnos a un átomo de carbono este se describe así  $^{12/6}C$ . Otra forma de describir dicho elemento sería: C-12, esta segunda representación es la más frecuente, y es la que usaré a lo largo del presente artículo. En la naturaleza hay elementos del mismo tipo, pero con distinto número de neutrones, estos son los llamados isótopos, por lo tanto, un átomo de carbono con más neutrones, por ejemplo, el carbono 14, se representaría como: C-14 (esto significa que es un átomo de carbono con 6 protones; y 8 neutrones  $^{14/6}C$ ).

- **Estabilidad nuclear y radiactividad:** de acuerdo con las leyes básicas del electromagnetismo, dos o más cargas de igual signo se repelen, así que podríamos preguntar, ¿cómo es posible que, en el núcleo atómico, los protones se mantengan unidos junto a los neutrones? La respuesta a esto está en la fuerza nuclear fuerte, una de las cuatro fuerzas de la naturaleza que permite que los neutrones

y los protones se mantengan unidos en el núcleo. Así pues, en el núcleo atómico existe ese equilibrio entre la fuerza electromagnética que quiere apartar los protones; y la fuerza nuclear fuerte que hace que estos se mantengan unidos junto a los neutrones. Sin embargo, este equilibrio no siempre sucede, y, por tanto, aquellos átomos que no tienen una estabilidad lo suficientemente grande en su núcleo, tienden a buscar dicha estabilidad sufriendo transformaciones, por medio de lo que se denomina decaimiento radiactivo. A este tipo de decaimiento radiactivo se le conoce como radiactividad.

Lo anterior permite introducir el concepto de los tres tipos de radiactividad que emiten los átomos con un núcleo inestable para ganar estabilidad. Estos son:

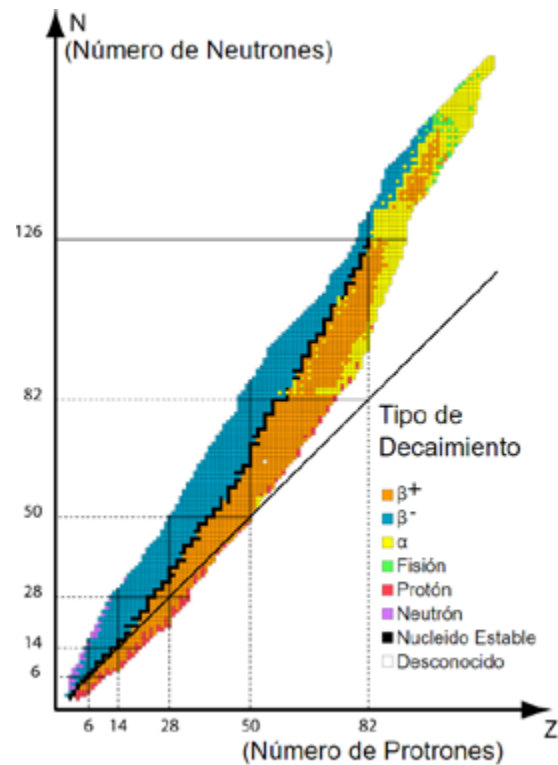
- *Radiactividad alfa*: se emiten dos protones y dos neutrones.

- *Radiactividad beta*: consiste en la emisión de un electrón y un antineutrino, a esta se le conoce como beta negativa. Por otro lado, si se emite un positrón más un neutrino, se le conoce como beta positiva.

- *Radiactividad gama*: es un tipo de onda electromagnética de muy alta energía.

Los átomos, entonces, buscan su estabilidad por medio de ese tipo de emisiones. Ahora bien, existe una gráfica que se muestra en la figura 2, la cual permite visualizar los elementos que son estables, representados por la curva negra punteada, y los elementos que son inestables, representados por el color naranja y azul, y que, se vuelven más estables, por medio de la emisión de radiactividad.

Figura 2. Gráfica de la estabilidad de los elementos de acuerdo con el número de protones y neutrones en el núcleo



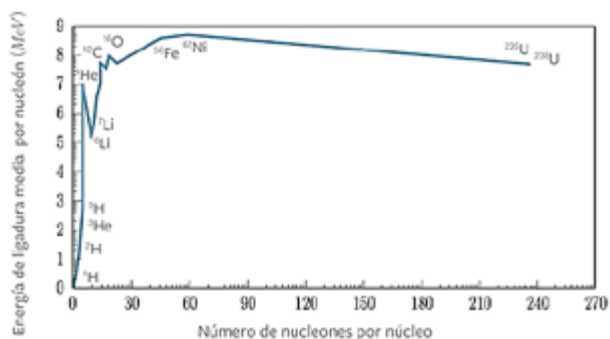
Fuente: Sjølegg, 2016.

- **Fisión nuclear:** este tipo de proceso nuclear se define como la división de un núcleo muy pesado en dos núcleos más ligeros, que emiten cierto número de neutrones y energía. Este proceso se puede dar de forma espontánea o de forma inducida. La forma espontánea sucede cuando, aquellos núcleos muy pesados, al ser inestables, decaen, como se explicó anteriormente, en núcleos más ligeros, así liberan energía en forma de radiactividad. Por otro lado, está la fisión inducida, es decir, la que se induce cuando un núcleo pesado es bombardeado con neutrones para que este se vuelva más inestable y fisione; este es el tipo de proceso que será de importancia a lo largo del presente artículo, pues tanto las bombas

nucleares como las centrales de generación eléctrica obtienen la energía de los átomos, debido a dicho proceso de fisión inducida.

- **Fusión nuclear:** contrario al proceso anterior, lo que se hace es unir dos núcleos ligeros, para formar un núcleo más pesado, liberando también energía. Como dato curioso sobre las estrellas, este es el tipo de proceso que hace que se creen los elementos de los cuales se compone el universo a excepción de hidrógeno y el helio. La fusión requiere temperaturas bastante elevadas para producirse, pues como se explicó, dos núcleos que están formados por neutrones y protones, al acercarse entre sí, se repelerán debido a la fuerza electromagnética, por lo tanto, para que estos se puedan unir deben tener suficiente energía, capaz de vencer dicha repulsión electromagnética, y así poder producir el proceso de fusión. Más adelante se explicará como esto es posible en una bomba nuclear.
- **Energías de enlace:** finalmente, hay que tener en cuenta los elementos químicos que sirven para el proceso de fisión o de fusión. Para ello es útil observar la curva que se muestra en la figura 3, llamada la curva de energía de ligadura por nucleón (Barbas *et al.*, 2017).

**Figura 3. Gráfica de la energía de enlace por nucleón. Gracias a esta curva se puede estudiar qué elementos se fusionan en las estrellas, y cuáles se pueden usar para la fisión nuclear**



Fuente: Barbas *et al.* (2017).

Para entender la curva de la figura 3, hay que tener claro el concepto de energía de enlace, esto es, la suma de las masas de las partículas que componen los núcleos de los átomos es mayor que la masa de dichos núcleos. Esto se debe a que la energía de ligadura nuclear, al igual que la energía de ligadura de los electrones en los átomos, es negativa, esto quiere decir que cuando esos sistemas de partículas se unen, pasan a estados de menor energía. Y teniendo en cuenta la famosa relación de energía relativista ( $E=mc^2$ ), esa energía menor da cuenta de una masa menor. Es hasta el hierro 56 (Fe-56 en la curva de la figura 3) que los átomos se unen (fusionan) para pasar a estados con enlaces más estables, pues en la física, los sistemas siempre buscan el estado más estable, que, para este caso, es tener una mayor energía de ligadura media por nucleón; por lo tanto, en las estrellas los elementos se fusionan hasta el Fe-56, liberando parte de su energía.

Ahora bien, como se acaba de describir, esa energía negativa también da cuenta de la energía de enlace del núcleo, es decir, que la curva va ascendiendo, porque eso significa que los núcleos tienen un mayor enlace energético, y, por lo tanto, es más fuerte. Sin embargo, se puede observar que después del níquel 62 (Ni-62) la curva decae, esto significa que los elementos pasan a tener un enlace menos fuerte y más inestable. Por ello, el proceso de fusión ya no es factible, pues, como se decía anteriormente, la naturaleza busca el estado de mayor estabilidad. Por lo tanto, si se observa el uranio 235 en la curva (U-235), a pesar de tener una energía de enlace por nucleón alta, este tipo de elemento ya no fusiona, ya que al crear un elemento más a su derecha en la curva, tendría una energía de enlace más débil. Razón por la cual, estos elementos pesados buscan fisionarse, pasando a ser elementos del lado izquierdo de la curva y teniendo enlaces más fuertes y estables.

Con lo anterior se puede entender por qué hay elementos que son factibles para la fisión y otros para la fusión. En la siguiente parte del artículo, se explicará cómo es posible obtener grandes cantidades de energía, ya sea para procesos de destrucción o de generación.

## Principios de funcionamiento de una bomba nuclear

Para entender cómo funciona una bomba nuclear, es necesario tener en cuenta de qué tipo de bomba se está hablando, es decir, de fisión o de fusión. Como se explicó anteriormente, la diferencia está en el proceso nuclear que se lleva a cabo para la liberación de energía, sin embargo, hay otro tipo de principios aparte del nuclear que se deben tener en cuenta, para entender el funcionamiento de estas bombas y que se describirán a continuación.

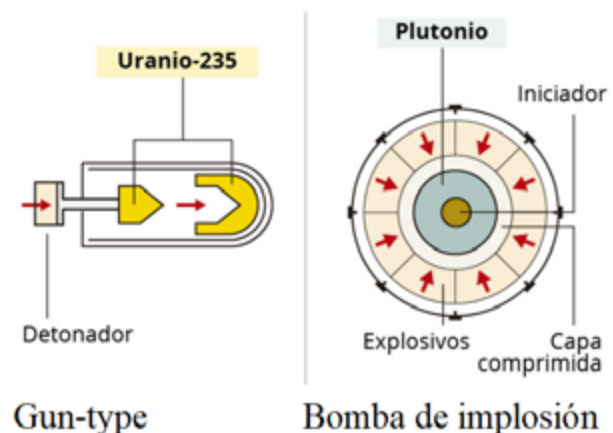
- **Bomba de fisión:** la energía de este tipo de bomba viene del proceso de fisión nuclear. Para que esta bomba funcione, se necesita de una cantidad de material fisible suficiente para que se produzca una reacción en cadena *supercrítica*, que básicamente consiste en un proceso de fisión descontrolado, en el cual los átomos que se van fisionando liberan neutrones, los cuales siguen fisionando más y más átomos, de forma que al incrementarse los procesos de fisión se libera una gran cantidad de energía de forma descontrolada, que es lo que se busca con una bomba.

Es necesario contar con una cantidad suficiente de material fisible para producir una reacción en cadena supercrítica; a esto se le conoce como *masa crítica* del material, la cual es la cantidad de masa suficiente de material fisible, capaz de producir una reacción en cadena que se mantenga, es decir, autosuficiente. Por supuesto, esa cantidad de masa debe ser de material fisible, y aunque pueda ser obvio, hay que resaltar que, por lo general, este tipo de bombas usan

como combustible uranio o plutonio. En el caso del uranio, se necesita uranio enriquecido al 90 % aproximadamente (esto significa que la cantidad de uranio debe ser en proporción de 90 % U-235 que es el fisiónable, y 10 % U-238 que no es fisiónable).

Así pues, una bomba de fisión se clasifica en dos tipos, bombas tipo pistola (*gun-type*) y bombas de implosión. Ver la figura 4, que servirá para entender mejor lo que se explicará a continuación.

Figura 4. Tipos de bombas de fisión nuclear



Fuente: Foncillas (2017).

En la bomba "gun-type" se tienen dos masas de U-235 separadas una de la otra, que, al unirse, crean una *masa crítica* que produce esa reacción en cadena, liberando una gran cantidad de energía. Por ejemplo, la bomba que se lanzó sobre Hiroshima era de este tipo, tenía 2/3 de la masa crítica en un lado y 1/3 de la masa crítica en el otro, así, cuando la bomba detonó, los dos fragmentos de masa se unieron creando la masa crítica total capaz de generar la reacción en cadena, que causó cuantiosos daños a esa ciudad en 1945. Esa unión de las masas se hace por medio de un detonador de tipo explosivo, colocado a un lado de una de las masas, controlado al momento de lanzar la bomba.

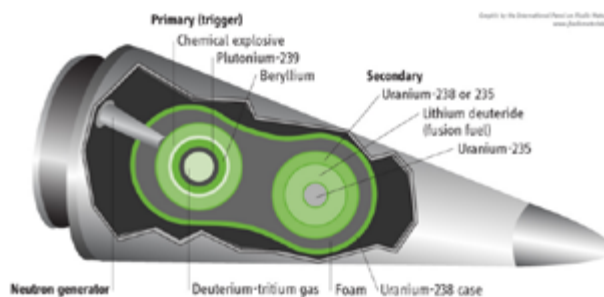


El otro tipo de bombas son las de implosión, este tipo de arma es mucho más eficiente que la anterior, y, por lo general, se hace con plutonio. Esta bomba consiste en crear una esfera con explosivos alrededor del material fisionable, de forma que cuando se detonan los explosivos, se comprime dicho material fisionable, hasta que alcanza una densidad suficientemente alta, para producir una reacción en cadena supercrítica; además de ello, alrededor se pone un reflector de neutrones que rodea el combustible nuclear, para aumentar la eficiencia de la reacción en cadena al detonar la bomba. Este tipo de bombas fue la que se detonó en Nagasaki (Bunn, 2013).

- **Bomba de fusión:** también llamada bomba termonuclear, es un tipo de bomba que, al contrario de las descritas anteriormente, aprovecha el proceso de fusión nuclear; por lo tanto, la liberación de energía que provoca se debe a la unión de dos núcleos atómicos. Este tipo de bombas tienen un poder energético mucho mayor, pero sus efectos a largo plazo son mucho menos dañinos, como se verá en la siguiente sección.

Para que ese proceso de fusión nuclear se produzca dentro de la bomba, se requieren temperaturas supremamente altas para funcionar; como bien sabemos, las estrellas producen en sus núcleos fusión nuclear para contrarrestar la presión gravitatoria; esto es posible porque los núcleos estelares tienen energías y temperaturas muy altas capaces de producir la fusión. En el caso de una bomba, para producir este proceso, primero se hace detonar una bomba de fisión, de forma que se aprovecha esa gran cantidad de energía liberada, para producir la fusión de un material. Ver la figura 5.

*Figura 5. Estructura de una bomba termonuclear, en la que se puede observar que, en el “primary (trigger)” en todo el centro hay deuterio, un material que se puede fusionar; y que alrededor de este hay plutonio, cuya detonación libera una gran cantidad de energía que, a su vez, produce el proceso de fusión nuclear en el deuterio*



Fuente: Bunn (2013).

Por lo tanto, en la bomba de fusión se necesita *fisión para lograr la fusión*. Además, como se puede observar en la figura 5, hay un “secondary” esto se hace, ya que, al producirse la fusión, esta libera una gran cantidad de neutrones que pueden provocar fisión en un segundo combustible nuclear que se pone en la bomba. Es decir, estas bombas nucleares hacen el siguiente proceso: la fisión del plutonio 239 (Pu-239) causa la fusión del deuterio (H-2), y así liberan neutrones, que causan fisión en un segundo combustible con U-235, colocado al lado de la bomba de fusión. Por supuesto, esto libera una gran cantidad de energía supremamente alta, que hace a este tipo de bombas termonucleares, increíblemente destructivas.

Recogiendo lo más importante, es posible, entonces, entender que una bomba nuclear libera grandes cantidades de energía gracias a los procesos nucleares de fisión y de fusión dependiendo el tipo de bomba, y que es mucho más energética, que una bomba convencional

que libera energía gracias a combustibles químicos; además su detonación puede tener efectos a mediano y largo plazo, como veremos a continuación.

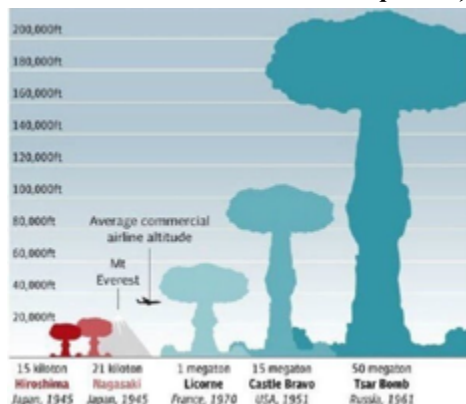
## Poder y consecuencias de las armas nucleares

Primero, haremos una comparación de las distintas bombas nucleares para ver sus efectos inmediatos gracias a la detonación; luego, analizaremos los efectos a mediano y largo plazo que las hacen mucho más peligrosas que cualquier otro tipo de bomba convencional.

Para establecer el poder energético de una bomba nuclear, se hace una equivalencia de la energía que estas liberan comparándola con la cantidad de energía liberada por cierta cantidad de explosivo TNT (trinitrotolueno). Así se denomina: 1 kilo-tonelada a la energía liberada por 1 tonelada de TNT, que es igual a  $4.184 \times 10^{12}$  J, para poner en contexto, esto causaría una destrucción en un área de  $5 \text{ km}^2$  donde se produzca la explosión (Nukemap, 2012).

Teniendo en cuenta esa equivalencia, podemos observar en la figura 6 una comparación de las bombas nucleares más poderosas lanzadas y su equivalencia en toneladas.

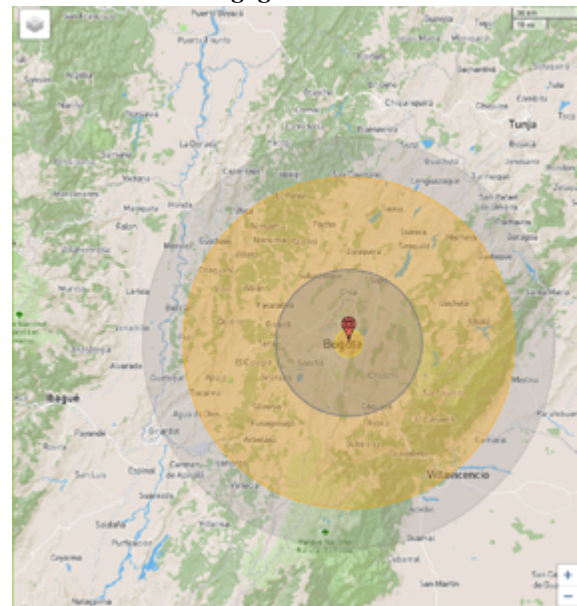
**Figura 6. Comparación de las distintas bombas nucleares detonadas, de acuerdo con su poder energético y la altura del hongo nuclear (altura de la nube de humo debida a la explosión)**



Fuente: Tovar (2017).

Para poner en perspectiva lo anterior, si se lanzara la bomba más poderosa jamás creada sobre la Universidad Pedagógica Nacional, (Tsar, de 100 megatones) destruiría toda la ciudad de Bogotá, provocando daños dentro de un área de  $17\,000 \text{ km}^2$  es decir, una bomba de ese tipo que es termonuclear, lanzada en Bogotá, aparte de causar unos daños graves a toda la ciudad, sus efectos podrían afectar hasta Girardot, ubicado a 142 km, como se puede observar en la figura 7.

**Figura 7. Radio de destrucción de una bomba Tsar en la ciudad de Bogotá, en el caso hipotético de tener como epicentro de la detonación a la Universidad Pedagógica Nacional**



Fuente: elaboración propia, mediante el uso del software Nukemap (<https://nukemap.org/nukemap/>).

Este tipo de armas son tan peligrosas por la gran liberación de energía de forma inmediata, que además de ocasionar la destrucción instantánea, pueden causar daños a mediano y largo plazo debido a los residuos nucleares que permanecen mucho después de detonadas las bombas y que siguen liberando radiación dañina para la vida.

De acuerdo con un estudio de la Universidad de Princeton (2019), en caso de una guerra

nuclear (ver la figura 8, para conocer los países que cuentan con ojivas nucleares) se producirían los efectos que se explican a continuación.

**Figura 8. Cantidad de ojivas nucleares por país**



Fuente: Pasquali (2022).

Tomando en consideración la cantidad de ojivas que existen, 15 minutos después de la explosión de todas ellas, se produciría una lluvia radiactiva, compuesta de partículas radiactivas del tamaño de una mota de polvo, producida por la detonación de la bomba, así mismo ese polvo nuclear puede propagarse por el espacio debido al viento, lo cual afectaría zonas alejadas de donde se produjo la explosión. A medida que pasen los días los efectos de la lluvia radiactiva irán siendo menores, pues esta deja de caer, y solo queda esparcida por el suelo. Sin embargo, las personas tendrían que permanecer en búnkeres, pues si llegasen a inhalar algo de ese polvo radiactivo, podrían desarrollar cánceres y tumores, debido a que las radiaciones alfa, beta y gamma son ionizantes y, por lo tanto, afectan los tejidos del cuerpo. Un día después, podrían haber muerto al menos 90 millones de personas.

Ahora bien, las ciudades podrían volver a ser habitables luego de un mes; contrario al desastre nuclear de Chernóbil, cuya planta tenía grandes cantidades de uranio y, por lo tanto, la zona de

exclusión quedó inhabitable por unos largos periodos de tiempo, esto se debe a que las bombas nucleares no cuentan con una gran cantidad de material radiactivo, pues estas, como se vio anteriormente, al tener uranio o plutonio enriquecido, no necesitan de grandes cantidades de masa crítica. Sin embargo, la lluvia radiactiva contaminaría los ríos y las cosechas, lo que agotaría el alimento y el agua potable, causando hambrunas, la muerte de las personas que no cuenten con alimentos enlatados. Luego de varios días, el humo y el polvo producidos por la cantidad de explosiones cubriría la atmósfera del planeta con una capa de polvo, lo cual ocasionaría un invierno nuclear, evitando que los rayos del sol penetren al planeta, por lo que la Tierra quedaría oscura por unos días, y la temperatura bajaría de 10 a 20 grados. Todo se enfriaría y se impediría la agricultura y el desarrollo, provocando un atraso a la humanidad, acabando con la vida de millones de personas. Al mismo tiempo, la capa de ozono también sufriría daños, lo cual haría que los rayos UV causaran más daños en las personas, durante unos diez años más (Garrido, 2022).

Como se acaba de describir, los daños que ocasionaría una guerra nuclear son bastante graves a corto, mediano y largo plazo. Sin embargo, la energía nuclear, puede ser usada con fines más nobles y benéficos para el planeta, por ejemplo, para tratar de revertir la crisis climática, que ya estamos viviendo, como se verá a continuación.

## Usos pacíficos de la energía nuclear: generación de energía eléctrica

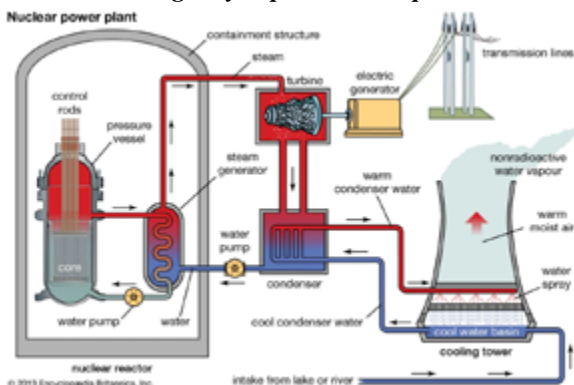
Como se ha descrito a lo largo de este artículo, la energía nuclear puede causar daños bastante graves, sin embargo, esta también es susceptible de ser usada de forma benéfica para la humanidad, está en nuestras manos decidir cómo usar ese tipo de energía. Y es que los fenómenos de



radiactividad, fisión y fusión tienen varias aplicaciones en medicina, generación de energía, dispositivos de uso cotidiano, entre otros, que pueden hacer que la vida de los seres humanos sea mejor. En la presente sección se describirá la generación de energía eléctrica, por medio de energía nuclear, para hacer un contraste de lo que se puede hacer en una planta nuclear aprovechando los mismos principios con los que funcionan las bombas nucleares, mostrando un uso positivo de este tipo de energía.

Como se vio previamente, los procesos de fisión y fusión liberan grandes cantidades de energía, ya que, en pocos gramos de combustible, hay del orden de  $10^{23}$  átomos. Así pues, si se toma esa energía, por ejemplo, para “calentar agua” que genere vapor, mueva una turbina, y genere energía eléctrica, se puede reducir el uso de combustibles fósiles, para generar energía eléctrica, creando una vía de solución a la crisis climática que aqueja al planeta. Un esquema simplificado de cómo funciona el proceso descrito previamente, se puede observar en la figura 9.

*Figura 9. Esquema de una central nuclear, el circuito primario es el del reactor nuclear, el cual debido a los procesos de fisión liberan energía de forma controlada gracias a las barras de control; esa energía calienta agua, la cual, gracias a un intercambiador de energía, es capaz de generar vapor, el cual se usa para mover una turbina, la cual, por el principio de inducción electromagnética, genera energía eléctrica. Ese vapor luego gracias a un condensador se vuelve a convertir en agua, y el proceso se repite*



Fuente: Martin (2022).

Hay diferencias, por supuesto, entre la central y una bomba nuclear, aunque el principio de liberación de energía sea la fisión del átomo. Como vimos previamente, en la bomba de fisión nuclear se busca que la fisión sea supercrítica, es decir, que a medida que los átomos se van fisionando, por la liberación de neutrones, estos fisionen otros átomos de forma descontrolada. En cambio, en la central nuclear se busca que la fisión sea controlada, es decir, crítica. Esto se logra con unas barras de control que regulan la población de neutrones que se liberan a medida que los átomos se van fisionando, de esa forma, solo una cantidad moderada de átomo se va fisionando, y así se controla la energía que se va liberando durante el proceso de fisión. Además, la cantidad de uranio enriquecido que se usa en una central nuclear es bastante bajo en comparación con una bomba; como vimos, en una bomba el U-235 debe ser del orden del 90 %, mientras en una central nuclear por el contrario debe ser del orden del 5 %, de esa forma se controla que una central nuclear no explote como una bomba, debido a la cantidad baja de combustible nuclear fisionable. Por último, se necesita un moderador de neutrones que los frena y hace que las siguientes reacciones de fisión sean posibles. Así pues, todo el proceso nuclear es supremamente controlado y lo hace seguro para generar energía eléctrica. Ver la descripción de la figura 9.

La explicación anterior y la figura 9 describen la forma en la que funciona una central nuclear. A pesar de que la generación de energía por procesos nucleares sea segura, debido a los desastres ocurridos y a la información que se divulga, ya sea en redes sociales, en medios de comunicación convencionales, e inclusive en series de televisión, la producción de energía nuclear se suele asociar a las catástrofes producidas por este tipo de tecnologías. Por ejemplo, muchas personas le tienen miedo a subirse a un avión, debido a que un accidente de aviación es una noticia que capta la atención de los medios de información, por la cantidad

de muertos que ocasiona. Así, los accidentes vehiculares no tienen tanta atención mediática, y, por ello, muchas personas tienden a pensar que es más seguro viajar en carro que en avión, cuando en realidad es todo lo contrario, ya que, los accidentes por automóvil suceden con mayor frecuencia y, en general, hay muchas más muertes por accidentes vehiculares, que por accidentes aéreos. Pues algo así sucede con la energía nuclear, como lo señala en una conferencia sobre energía nuclear el profesor Diego Torres, físico nuclear y profesor de la Universidad Nacional de Colombia, explica que aunque la energía nuclear es una tecnología bastante segura, el hecho de que siempre se muestren las catástrofes asociadas a ella hace que las personas creen que es una tecnología supremamente insegura.

A lo largo de la historia, este tipo de tecnología ha tenido tres grandes accidentes (Chernóbil, Fukushima y Three Mile Island), con ello, la tasa de muertes por la energía nuclear es de 0,07 muertes por TWh (tera vatio hora) producido, esto, en comparación con las muertes producidas por la producción de electricidad con combustibles fósiles debido a la contaminación ambiental, hace que la energía nuclear provoque 99,7 % menos de muertes prematuras que el carbón; 99,6 % menos que el petróleo; y 97,5 % menos que el gas (Roca, 2020). Lo anterior no quiere decir que esos accidentes no sean lamentables, tan solo significa que es importante conocer todos los puntos de vista, para poder analizar y juzgar un tipo de tecnología por los accidentes que ha tenido, como los ha tenido cualquier otro tipo de tecnologías (basta con mirar lo que paso acá en Colombia con Hidroituango, o con la presa de Banqiao en China). Basado en lo anterior, cabe destacar la importancia que tiene comprender y conocer la energía nuclear.

Además, la energía nuclear no emite gases de efecto invernadero, por lo tanto, se considera una energía limpia. Si bien genera residuos radiactivos, al ser tratados de forma adecuada

su impacto ambiental es bastante bajo (García, 2020). Así pues, tanto con energía nuclear como con energías renovables, se puede reducir el riesgo de catástrofe ambiental debido al calentamiento global ocasionado por la liberación de gases de efecto invernadero, producidos en gran parte a que la generación de energía eléctrica que se hace con energías no limpias que emiten mucho  $\text{CO}_2$ .

## Conclusiones

Los seres humanos tenemos la capacidad de usar el conocimiento sobre la naturaleza para contribuir de forma positiva al mundo o para destruirlo. Las consecuencias de una guerra nuclear podrían resultar catastróficas e irreparables; sin embargo, si usamos todo ese poder energético que hay en el núcleo de los átomos, por ejemplo, para ayudar a reducir las emisiones de  $\text{CO}_2$  ocasionadas por la generación de energía con combustibles fósiles, podríamos contribuir a evitar una crisis global.

En suma, todos los ciudadanos deberían estar informados sobre la energía nuclear, aunque no sean expertos en el tema. Tener claro su funcionamiento y usos ayuda a que no se propaguen mitos que generan miedo debido al desconocimiento. Así mismo, los gobernantes, deben ser conocedores, y plenamente conscientes de la relevancia de estos temas, para evitar catástrofes causadas por malas decisiones relacionadas con el uso de la energía nuclear. Nuestro papel como docentes es crucial para enseñar de forma clara este tema apasionante e importante para la humanidad.

## Referencias

Barbas, A., Fernández-Cosials, K., Oliva, E., Ortiz, A., Moral, N., Carrasco, A., Perlado, J., Suárez, J. y Coteló, M. (2017). *Curso básico de fusión nuclear*. SNE-Jóvenes Nucleares.

- Bunn, M. (2013). *How nuclear bombs work*. Harvard Kennedy School. <https://www.belfercenter.org/sites/default/files/legacy/files/HowNuclearBombsWork.pdf>
- Foncillas, A. (3 de septiembre de 2017). *¿Qué es una bomba de hidrógeno? ¿Lo es la que ha probado Corea del Norte?* El Periódico. <https://www.elperiodico.com/es/internacional/20170903/que-es-bomba-hidrogeno-corea-norte-6262147>
- García, A. (2020). *La energía nuclear salvará el mundo*. Planeta.
- Garrido, A. (2022). Guerra nuclear - ¿Puede ocurrir? - Defensa, consecuencias y cómo sobrevivir a una bomba nuclear. [Archivo de video]. Youtube. <https://www.youtube.com/watch?v=6fFSTINlrQ8>
- Martin, W. (2022). Nuclear power. *Encyclopedia Britannica*. <https://www.britannica.com/technology/nuclear-power>
- Nukemap. (2012). Nukemap-simulador detonaciones nucleares. Alex Wellerstein. <https://nukemap.org/nukemap/>
- Pasquali, M. (2022). *Stadista*. <https://es.statista.com/grafico/13105/cantidad-de-ojivas-nucleares-en-el-mundo-por-pais/>
- Princeton University. (2019). *Plan A*. <https://sgs.princeton.edu/the-lab/plan-a>
- Roca, R. (19 de diciembre de 2020). *El carbón y el petróleo matan hasta 1.000 veces más que la nuclear o las renovables*. El periódico de la energía. <https://elperiodicodelaenergia.com/el-carbon-y-el-petroleo-matan-hasta-1-000-veces-mas-que-la-nuclear-o-las-renovables/>
- Sjlegg. (9 de abril de 2016). File:Table isotopes es.svg. *Wikimedia Commons*. e [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Table\\_isotopes\\_es.svg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Table_isotopes_es.svg)
- Tovar, A. (3 de septiembre de 2017). *¿Qué es una bomba de hidrógeno y por qué es tan peligrosa?* *Cambio 16*. <https://www.cambio16.com/una-bomba-hidrogeno-tan-peligrosa/>
- Universidad Peruana Del Norte. (16 de enero de 2020). *¿Una tercera guerra mundial sin armas?* <https://blogs.upn.edu.pe/negocios/una-tercera-guerra-mundial-sin-armas/>