



## EL REACTOR NAVAL, UNA FISURA EN LA NO PROLIFERACIÓN

José María LIAÑO CUQUERELLA



### Introducción



A reciente firma del Acuerdo de Seguridad Tripartito AUKUS entre Australia, Reino Unido y Estados Unidos ha puesto de nuevo el foco geopolítico en Asia-Pacífico y confirmado una vez más que es el teatro preferente para la Administración norteamericana.

Washington, en sus últimas *Estrategia de Seguridad Nacional* y *Estrategia de Defensa Nacional*, de 2017 y 2018 respectivamente, convierte «efectivamente» a China en su principal competidor estratégico y, consecuentemente, en la razón y clave de su necesidad de fortalecerse militarmente y sus alianzas militares en la región.

China, por su parte, en su *Libro Blanco de la Defensa Nacional*, recoge expresamente el guante lanzado por Estados Unidos y asume sin ambages su rol de superpotencia competidora con Norteamérica, aunque amplía la competencia estratégica a la Unión Europea y a Rusia. Así, Pekín evalúa que debe aspirar al desarrollo de unas capacidades militares en consonancia con este nuevo rol geopolítico y suficientes para poder desafiar, llegado el caso a Estados Unidos o a cualquier otra potencia.

Asistimos pues a una creciente perspectiva de rearme, que tendrá también consecuencias en la dimensión nuclear, con armamento más moderno, de mayores alcances y capacidad de destrucción.

En este contexto, con la firma del acuerdo AUKUS, Australia se compromete a la adquisición de ocho submarinos de propulsión nuclear de tecnología norteamericana, rompiendo unilateralmente, el acuerdo previo para la adquisición de 12 submarinos convencionales de tecnología francesa. De esta forma, Australia podría convertirse en el primer estado no nuclear en poseer este tipo de plataformas, reavivando el debate sobre la efectividad del TNP (Tratado de No Proliferación de armas nucleares) y volviendo a poner en evidencia la fisura que el reactor nuclear supone en la no proliferación.

El TNP actuó como barrera al desarrollo de tecnología nuclear militar del pasado siglo. A parte de los cinco países que contaban con armamento nuclear en el momento de su firma (1), los Estados que se han ido adhiriendo a dicho tratado renuncian expresamente a su posesión y desarrollo. Así, el TNP comprometía a sus miembros a un uso exclusivamente pacífico de la energía nuclear y permitía la AIEA (Agencia Internacional de Energía Atómica) controlar las reservas y adquisición de material fisionable —así como el enriquecimiento de este— de los Estados firmantes.

Desde su firma en 1970, este tratado ha demostrado ser eficaz en la reducción/contención de la amenaza nuclear. Sin embargo, existen en su redacción sombras que podrían ser explotadas para hacer acopio de material fisionable sin control de la comunidad internacional. El TNP concede autoridad a la AIEA para poner bajo salvaguarda todo el material fisionable destinado a uso civil y prohíbe tajantemente, su empleo para la fabricación de armas nucleares, pero no prohíbe el desarrollo de tecnología nuclear para uso militar —siempre y cuando este no sea dirigido a armamento como tal— y es dentro de esta categoría donde se encuadraría el reactor naval.

---

(1) Estados Unidos, Francia, Reino Unido, URSS (Rusia) y China.

## El reactor naval

El reactor naval se creó en la década de los 50 (2) para satisfacer las necesidades de generación eléctrica anaeróbica de los submarinos. Esta tecnología permite a los submarinos transitar a grandes velocidades, desplazarse a cualquier parte del globo y permanecer indetectables en inmersión durante largos periodos, sin la necesidad de realizar la indiscreta maniobra de *snorkel* propia de los submarinos convencionales. Desde su creación, su uso ha evolucionado y se ha extendido para integrarse también como sistema propulsor de otras grandes plataformas navales, como son los cruceros y portaviones.

Como se dijo previamente, la propulsión nuclear no es considerada *per se* un arma nuclear. La propulsión naval nuclear hace referencia al empleo de una planta energética nuclear como principal medio de propulsión de un buque. Esto se consigue, al igual que en las centrales nucleares civiles, mediante el empleo del calor producido de la descomposición atómica del uranio para generar vapor sobrecalentado. Este vapor es, a su vez, empleado para propulsar una turbina de vapor que puede servir por sí misma como propulsor o como medio de generación eléctrica, siendo en este caso un motor eléctrico asociado a la turbina del elemento propulsor.

La propulsión nuclear ofrece enormes ventajas como la capacidad de operar durante extensos periodos de tiempo sin repostar, así como capacidad de carga adicional, ya que todo el combustible necesario está contenido dentro del propio reactor. No obstante, el ahorro en combustible queda eclipsado por su alto coste de mantenimiento y operación, lo que lo hace poco rentable, por ejemplo, para el transporte de mercancías. De ahí la razón de que la gran mayoría de buques con propulsión nuclear sean militares (3).

Por norma, un reactor naval es capaz de producir entre 50 y 200 MW de energía eléctrica, en contraposición a los 1.600 MW que pueden llegar a producir sus homólogos terrestres. En el caso de los submarinos, las restricciones de espacio propias de la plataforma obligan a núcleos de menor tamaño, pero con mayor densidad energética para alcanzar dichos rendimientos. Por esta razón, los reactores navales han evolucionado para incorporar combustible con un mayor grado de enriquecimiento (4). De este modo, un reactor de una central eléctrica terrestre opera con un nivel de enriquecimiento de entre el 3 o el 4 por 100, mientras que determinados reactores navales pueden llegar a operar con un enriquecimiento del combustible cercano al 95

---

(2) El USS *Nautilus* botado en 1955 fue el primer buque propulsado nuclearmente.

(3) WIRT, J. G. (1979): «A Federal Demonstration Project: N. S. Savannah». Innovation in the maritime industry. National Research Council (US), 29-36.

(4) El nivel de enriquecimiento de combustible nuclear se mide por su porcentaje del isótopo *U-235*.

por 100, igual al empleado en las armas nucleares. La densidad energética del HEU (5) (*Highly Enriched Uranium*) permite a los submarinos de la US Navy operar sin necesidad de repostar combustible durante la totalidad de su vida operativa. Otras Armadas, como la francesa o la china han optado por reactores alimentados con LEU (6) (*Low Enriched Uranium*) o con HEU de menor enriquecimiento, por lo que deben reponer el material fisionable con cierta periodicidad.

Han existido proyectos de trasladar esta tecnología al ámbito civil. En 1962 entró en servicio el NS *Savannah*, el primer buque civil de propulsión nuclear. Le siguieron el alemán *Otto Hahn* en 1963 y el japonés *Mutsu* en 1972. Ninguno de los tres resultó económicamente viable, por lo que se abandonó esta vía de desarrollo. No obstante, esta tecnología ha demostrado ser útil en los rompehielos árticos desarrollados por la URSS, cuyas necesidades de potencia y dificultad para reabastecimiento justifican el empleo de este tipo de propulsión.

## El submarino nuclear

A día de hoy, el principal uso del reactor nuclear naval es servir de método de propulsión para los submarinos y se puede asegurar que su incorporación ha supuesto una de las innovaciones más revolucionarias vividas por esta arma desde sus orígenes. Por su discreción, el submarino constituye una amenaza silenciosa y prácticamente indetectable, capaz de intervenir en diversos escenarios allá donde se encuentren los intereses del Estado.

Actualmente, aproximadamente 40 países cuentan en sus arsenales con submarinos de ataque, pero únicamente los cinco países nucleares del TNP y la India (7) cuentan con submarinos de propulsión nuclear. Dejando a un lado las motivaciones geopolíticas, las principales razones por las que su uso no está más extendido radican en su elevado coste, sus misiones y el acceso al combustible.

Un submarino nuclear cuesta varias veces lo que sus homólogos convencionales (8). Por esta razón algunos países como Rusia o China compaginan los dos tipos de plataformas y teóricos estadounidenses plantean cada vez más la posibilidad de reincorporar los submarinos convencionales a sus filas. Por otro lado, la elección de la plataforma está condicionada por su misión. Para

---

(5) Se considera HEU el uranio con una proporción de U-235 superior al 20 por 100.

(6) Se considera LEU el uranio con una proporción de U-235 inferior al 20 por 100.

(7) La India es un Estado no firmante del TNP y por tanto, no se rige por él.

(8) Un submarino de ataque americano clase *Virginia* cuesta 2,7 billones de dólares americanos mientras que un submarino convencional de última generación como el *Type 212* alemán cuesta aproximadamente una séptima parte.

una misión de control y protección del mar territorial y de los espacios de interés de un país, un submarino convencional puede llegar a ser suficiente. Pocos países del actual escenario geopolítico global mantienen intereses nacionales que les permitan justificar una inversión semejante. Así, solo aquellos países con intereses globales tienen la ambición y la necesidad de poseer este tipo de plataformas.

Uno de los principales retos a la hora de desarrollarlas es la obtención del combustible. El suministro de uranio natural es relativamente sencillo, no así su enriquecimiento. Un reactor naval típico con una capacidad de 150 MW operando de media al 25 por 100 de su capacidad realizaría un consumo anual de 30 kg de U-235. Teniendo en cuenta que la eficiencia de un reactor naval típico ronda el 60 por 100, serían necesarios 50 kg de U-235 para propulsarlo. Dado que este isótopo solo representa un 0,7 por 100 del uranio natural, serían necesarios aproximadamente 7,5 Tm anuales para satisfacer el consumo de una única nave (9).

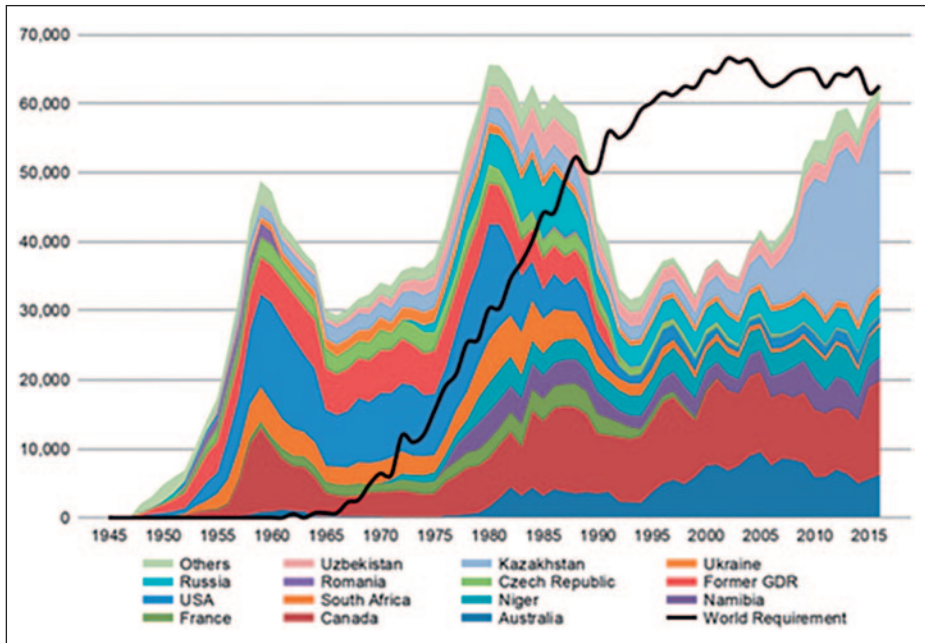


Figura 1. Producción de uranio natural en Tm.  
(OECD-NEA/IAEA, World Nuclear Association)

(9) THIELMANN, G., & KHELLER-VERGANTINI, S. (2013): *The Naval Nuclear Reactor threat to the NPT*. Arms Control Association.

Teniendo en cuenta la distribución del gráfico anterior, existen muchos Estados capaces de satisfacer una demanda más que suficiente para mantener una flota de submarinos nucleares. Del mismo modo, aunque países como Estados Unidos, Canadá o Australia imponen estrictas medidas de control y seguimiento a sus exportaciones de uranio y prohíben su uso para fines militares, no es descabellado pensar que un país interesado en desarrollar un programa nuclear, fuera capaz de adquirirlo a través de otro Estado (10).

El factor limitante no se encuentra, por tanto, en la obtención de materias primas sino en la capacidad de enriquecimiento del uranio hasta niveles útiles para un reactor naval. La tecnología necesaria es extremadamente compleja y está al alcance de muy pocos. El mercado de enriquecimiento de uranio está dominado por China, Francia, Rusia y la multinacional europea URENCO (11).

El nivel de enriquecimiento del uranio tradicionalmente empleado en la propulsión de submarinos nucleares es similar al armamentístico —superior al 90 por 100— aunque teniendo en cuenta su peligrosidad y dificultad de obtención, cuatro de los seis países con esta capacidad, están virando hacia plataformas que funcionen con HEU

de bajo enriquecimiento, oscilando alrededor del 20 por 100 o 40 por 100 de U-235. Sin embargo, estos niveles ya suponen un grado de enriquecimiento muy superior al necesario para alimentar un reactor nuclear civil típico (12).

Dado el elevado coste de esta tecnología y la dificultad de adquirir el combustible nuclear refinado, durante años, los únicos Estados firmantes del TNP que han sido capaces de incorporar esta arma han sido los propios Estados nucleares. Sin embargo, a lo

COUNTRY	NUMBER OPERATIONAL*	FUEL ENRICHMENT (%U-235)
United States	72	97
Russia	46	20-45
United Kingdom	12	97
France	10	7.5
China	10	5
India	2	40

\*These numbers include some submarines, which are in service, but not yet or no longer fully mission-capable.

Brazil plans to build six nuclear-powered submarines, fueled by low enriched uranium (<20 percent). Other countries expressing an interest in leasing or building nuclear-powered submarines include Argentina, Iran, Pakistan, and Venezuela.

Figura 2. Resumen de reactores nucleares navales (13)

(10) *Ibid.*

(11) *Ibid.*

(12) HIPPEL, F. V. (2019): *Mitigating the Threat of Nuclear-Weapon Proliferation*. Journal for Peace and Nuclear Disarmament.

(13) THIELMANN & KHELLER-VERGANTINI, *op. cit.*

largo de la última década, son varios los países que han demostrado interés en adquirir la capacidad. Entre estos países se encuentran Brasil, que lleva años trabajando con escaso éxito en el desarrollo de un programa de submarinos nucleares basados en el *Scorpène* francés y Australia, con su reciente anuncio de la fabricación de ocho submarinos nucleares con el apoyo de Estados Unidos y Reino Unido. Este interés pone en duda la capacidad del TNP de cumplir sus objetivos últimos.

## La propulsión nuclear naval y la no proliferación

El TNP se sustenta en tres pilares: la no proliferación de armas nucleares, el desarme de los Estados nucleares y el uso exclusivamente pacífico de la energía nuclear (14).

Con este fin, el tratado prohíbe a sus firmantes desarrollar tecnología militar armamentística y somete a salvaguardas el material fisionable empleado con fines pacíficos. No obstante, en su redacción y, más concretamente, en su artículo 14, se exime de estas salvaguardas al material fisionable empleado para fines «no pacíficos», siempre y cuando no se emplee para elaborar armas nucleares y se cumplan una serie de requisitos sites en el acuerdo (15).

Los Estados firmantes del tratado son por tanto libres de llevar a cabo investigación en desarrollo nuclear militar siempre que esta no se dirija a armas nucleares. El mayor exponente de esta cláusula es el reactor nuclear naval. Su clasificación como tecnología militar no armamentística, le exime de las salvaguardas del TNP, haciendo posible un acopio de material fisionable sin seguimiento de la AIEA. De la misma forma, exime del control de la AIEA a los subproductos de los reactores, que pueden ser reprocesados con fines proliferantes. Dos subproductos de la reacción llevada a cabo en los reactores navales son el isótopo de plutonio Pu-239 y el tritio. El Pu-239 puede ser reprocesado para su empleo en reactores nucleares civiles y en determinadas instancias para la fabricación de armas nucleares. Por otra parte, el tritio es un material acelerador de la reacción en cadena y es indispensable en la fabricación de un arma termonuclear.

La cláusula del TNP que permite el desarrollo de reactores navales sin ser considerada una actividad proliferante no fue fruto de la casualidad. Esta tecnología es anterior al tratado, por lo que durante su redacción varios Estados no nucleares expresaron su voluntad de mantener la posibilidad de adquirir plataformas propulsadas nuclearmente en un futuro, si bien originalmente se planteaba con vistas a crear una flota mercante nuclear. Italia y Holanda en

---

(14) Tratado de No Proliferación de Armas Nucleares (1968).

(15) *Ibid.*

concreto incidieron especialmente en este sentido. A pesar de ello, por motivos principalmente económicos, nunca han llegado a hacer uso de la posibilidad que la fisura del TNP les ofrece.

Dado que el principal obstáculo a la fabricación de armas nucleares es la obtención de material fisionable, desincentivar el enriquecimiento de uranio por encima del empleado en reactores civiles siempre ha sido la barrera más eficaz a la proliferación. Por tanto, el peligro que la incorporación de submarinos nucleares conlleva, no radica solo en la plataforma en sí, sino en la capacidad y la justificación de adquirir —u obtener por medios propios— uranio altamente enriquecido, que además escaparía al control legal de la comunidad internacional.

La simple existencia de HEU y su multiplicación fuera del marco jurídico creado por el TNP, aunque fuere para fines no armamentísticos, es uno de los mayores peligros que afronta la no proliferación. Asimismo, el isótopo de plutonio 239 subproducto de las reacciones nucleares llevadas a cabo en los reactores navales es una preocupación adicional, al poder ser reprocesado y utilizado en la fabricación de armas nucleares. Así, el desarrollo de reactores navales podría actuar no solo como un elemento potenciador, sino, adicionalmente, como una tapadera para un programa nuclear armamentístico encubierto o, de forma menos inmediata, situar a Estados que desarrollen esta tecnología en disposición de crear programas nucleares en un futuro.

Los propios Estados nucleares del TNP también explotan esta debilidad del acuerdo. El segundo pilar del tratado hace referencia al desarme de los Estados nucleares y es considerada una de sus asignaturas suspensas ya que confiere a los Estados nucleares la potestad de negociar entre sí su propio desarme. Acuerdos sucesivos como el CTBT (*Comprehensive Test Ban Treaty*) o los acuerdos START (*Strategic Arms Reduction Treaty*) han fomentado la disminución de arsenales nucleares. A pesar de ello, 50 años después del TNP, se evalúa que continúan existiendo cerca de 13.500 cabezas nucleares en todo el mundo (16).

Además, y a pesar de una evidente reducción de los arsenales nucleares, los Estados nucleares cuentan con unas reservas importantes de HEU asociadas a sus submarinos nucleares. De la misma forma que el TNP no obliga a los Estados no nucleares a declarar sus reservas de material fisionable destinado para fines «no pacíficos», tampoco lo hace en el caso de los Estados nucleares. Esto los faculta para almacenar grandes cantidades de HEU fácilmente reconducible a armas nucleares, o de LEU que podría ser reacondicionado con procesos adicionales. Esto tendría como consecuencia un desarme ficticio a ojos de la comunidad internacional que no se correspondería con las

---

(16) DAVENPORT, K. (Agosto de 2020). *Arms Control Association*. Obtenido de *armscontrol.org*: <https://www.armscontrol.org/factsheets/Nuclearweaponswhohaswhat>.



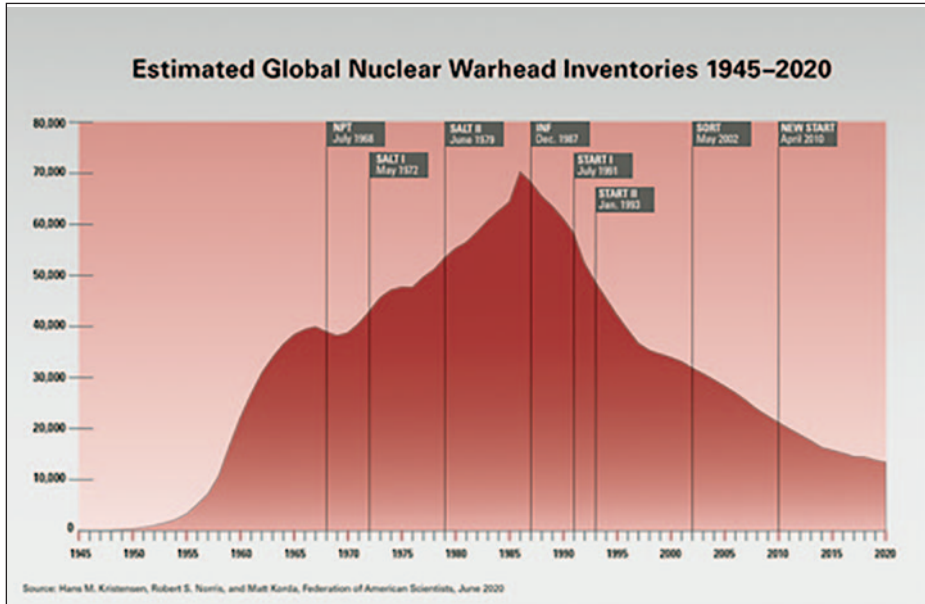


Figura 3. Inventarios estimados de armas nucleares (17)

capacidades reales, abriendo la posibilidad a una «economía nuclear sumergida».

### Cerrando la fisura

Este *loophole*, traducido en este artículo como «fisura» ha sido motivo de estudio durante años. Existen numerosas propuestas de cómo pueden resolverse los problemas derivados de la ambigüedad del tratado. Ha habido acuerdos posteriores que han estrechado el cerco de lo que está y lo que no sujeto a salvaguardas, limitando la capacidad de una interpretación fraudulenta de lo dispuesto en el TNP.

En el año 2020 estaba prevista la revisión del tratado, 50 años después de su firma. No obstante, la pandemia del COVID-19 ha provocado su retraso. Una de las propuestas a tratar en la conferencia es el acuerdo *quid pro quo* (QPQ) entre los Estados nucleares y no nucleares, orientado a limitar el riesgo que el reactor naval conlleva. Además, este QPQ busca reducir las diferencias

(17) *Ibid.*

entre los Estados nucleares y no nucleares para mantener la estabilidad creada por el TNP y que se ha de sustentar en tres nuevos pilares:

- El compromiso de no emplear HEU como combustible para ningún futuro reactor nuclear naval y el compromiso de transitar del HEU al LEU tan pronto como sea prácticamente posible.
- Establecer puntos de control a lo largo de la vida del reactor en los que se pudieran aplicar las salvaguardas de la AIEA y permitir la verificación de cuanto combustible nuclear se destina verdaderamente a los fines expuestos.
- Medidas de confianza para proporcionar seguridad internacional de que un programa declarado de desarrollo de reactores nucleares es *bona fide*.
- De concretarse, estas medidas supondrían un paso de gigante en el proceso de desarme nuclear iniciado ya hace 50 años. No obstante, el nivel de compromiso al que expone a los Estados nucleares dificulta enormemente pensar que estas medidas lleguen a ver la luz (18).

¿Podría un programa de desarrollo nuclear asociado a la propulsión naval suponer un riesgo real de fabricación de armas nucleares? Si bien, de acuerdo con los documentos expuestos, tal posibilidad es real, es poco probable que se diera el caso de que un Estado fuera capaz de desarrollar el conocimiento y la tecnología suficiente para convertirse en un Estado nuclear *de facto* a espaldas de la comunidad internacional.

Las salvaguardas establecidas por la AIEA y las impuestas por los acuerdos bilaterales entre Estados y proveedores de material fisionable dificultarían sobremanera cualquier intento de malversación de material fisible. Aún llegado el caso, el esfuerzo humano, tecnológico y económico de semejante iniciativa sería difícil de ocultar, al menos durante un periodo de tiempo prolongado. Un programa de armas nucleares es la destilación final de un enorme proceso de inversión y trabajo.

Asimismo, resulta poco probable pensar que la comunidad internacional permitiera que este desarrollo se llevara a cabo sin crear un marco jurisdiccional específico. Si esto no se ha hecho hasta la fecha, es porque ningún Estado no nuclear partícipe del TNP había emprendido seriamente la iniciativa de desarrollar un programa de energía nuclear de cualquier tipo de este nivel. Los casos de Brasil y ahora Australia son precursores en la materia. Los acuerdos que se alcancen servirán de marco jurídico para futuras naciones que quisieran considerar esta opción.

---

(18) HIPPEL, F. V. *op. cit.*

No obstante, el reactor nuclear continuará suponiendo un riesgo indirecto a la no proliferación. Los únicos ámbitos en lo que se requiere enriquecer el uranio hasta semejantes niveles son las armas y los reactores nucleares navales. Mientras haya usos no armamentísticos que justifiquen la necesidad de enriquecimiento y adquisición de uranio altamente enriquecido, existirá la posibilidad de que este sea utilizado con fines proliferantes. La obtención del uranio enriquecido continúa siendo, hoy por hoy, la mayor y principal barrera hacia la proliferación. La mayoría de los Estados nucleares han comenzado ya un *downsizing* del HEU al LEU, avanzando en materia de desarme nuclear. Estados Unidos y Gran Bretaña son los únicos que mantienen su dependencia del HEU y, al menos por parte de Estados Unidos, sin perspectivas cercanas de limitarla.

Qué duda cabe de que el HEU proporciona una serie de ventajas tácticas a los buques militares, pero también de que requiere a cambio una inversión económica elevada y unas infraestructuras complejas. En las cámaras americanas se ha planteado, en más de una ocasión, su transición al LEU, pero por motivos técnicos y económicos se ha considerado que esta transición no debía llevarse a cabo en las unidades ya existentes. De esta forma, habrá que esperar a los proyectos de desarrollo de las futuras plataformas navales nucleares para ver si efectivamente viviremos una reducción drástica del uranio enriquecido, pudiendo retrasarse hasta 2060.

La próxima cumbre que celebrará los 50 años de la ratificación del Tratado de No Proliferación abordará de nuevo el escollo que el reactor nuclear supone. Las propuestas aquí descritas son el resultado del trabajo de científicos de todo el mundo y que, de llevarse a cabo, terminarían de cerrar la fisura que el reactor nuclear dejó en la no proliferación, dando un paso de gigante hacia el desarme nuclear.

#### BIBLIOGRAFÍA

- COSTA, E. P. (2017): «Brazil's Nuclear Submarine: A Broader Approach to the Safeguards Issue». Revista Brasileira de Política Internacional.
- DAVENPORT, K. (Agosto de 2020): «Arms Control Association». Obtenido de [armscontrol.org: https://www.armscontrol.org/factsheets/Nuclearweaponswhohaswhat](https://www.armscontrol.org/factsheets/Nuclearweaponswhohaswhat).
- HIPPEL, F. V. (2019): «Mitigating the Threat of Nuclear-Weapon Proliferation». Journal for Peace and Nuclear Disarmament.
- NTI. (14 de julio de 2020). NTI Building a safer world. Obtenido de [www.nti.org: https://www.nti.org/learn/treaties-and-regimes/brazilian-argentine-agency-accounting-and-control-nuclear-materials-abacc/](https://www.nti.org/learn/treaties-and-regimes/brazilian-argentine-agency-accounting-and-control-nuclear-materials-abacc/).
- POWELL, C. (2004): «US 'sure' of Brazil nuclear plans». Washington: BBC News.
- SHEA, T. (August de 2017). «The Nonproliferation and Disarmament Challenges of Naval Nuclear Propulsion». A proposal for the 2020 NPT Review Conference. Federation of American Scientist.
- SUBLETTE, C. (2020): «Nuclear Weapon archive». Obtenido de [nuclearweaponarchive.com: http://nuclearweaponarchive.com](http://nuclearweaponarchive.com).
- THIELMANN, G. & KHELLER-VERGANTINI, S. (2013): *The Naval Nuclear Reactor threat to the NPT*. Arms Control Association.
- WIRT, J. G. (1979): «A Federal Demonstration Project: N. S. Savannah». Innovation in the maritime industry. National Research Council (US), 29-36.

El *Cantabria* navegando en aguas del Mediterráneo durante su despliegue en la SNMG-2, septiembre de 2021.  
(Foto: Ignacio Grueiro Méndez)

