

# INTELIGENCIA ARTIFICIAL. APLICACIONES EN EL ÁMBITO DEL ARMA SUBMARINA

Gonzalo TORRALBO CANDIA



## Introducción

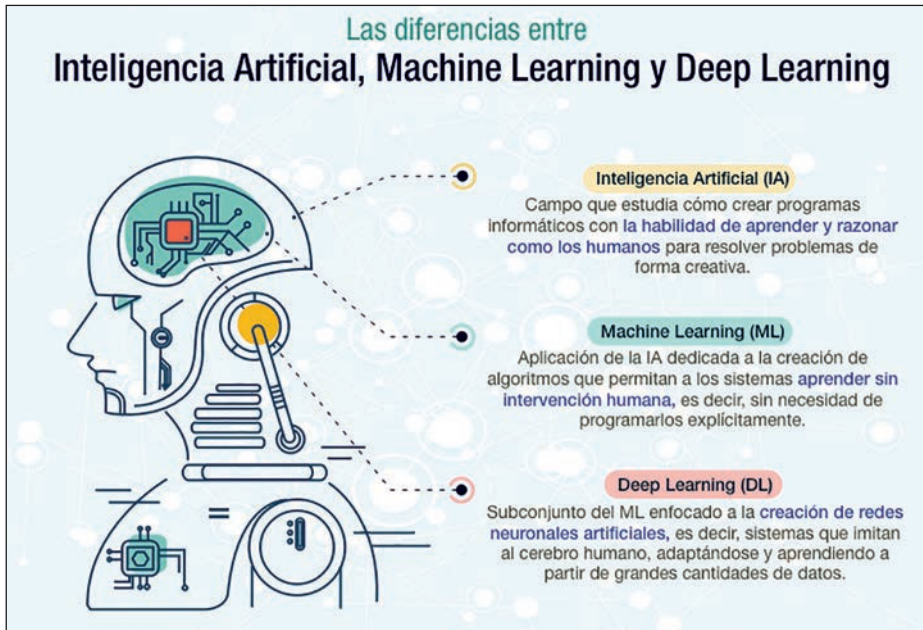


A inteligencia artificial (IA) ha emergido como una disciplina clave en el ámbito militar, convirtiéndose en una herramienta crítica para la defensa, la vigilancia y la toma de decisiones en situaciones de conflicto. Como consecuencia, en la actualidad muchas naciones del mundo están invirtiendo en el desarrollo de estas tecnologías para mejorar sus capacidades militares y garantizar la seguridad nacional y que pueden ser aplicadas en una amplia gama de áreas, desde la planificación de misiones hasta la detección de amenazas y la toma de decisiones tácticas en tiempo real.

Los sistemas de IA utilizados en el ámbito militar son extremadamente complejos y sofisticados; en ellos se usan algoritmos y modelos de aprendizaje automático para procesar grandes cantidades de datos, generando información valiosa y al instante para la toma de decisiones. Además, estos sistemas son capaces de adaptarse y aprender de nuevas situaciones, lo que les permite mejorar su rendimiento y precisión con el tiempo. Se puede decir, por tanto, que la IA está transformando la forma en que las Fuerzas Armadas operan y se preparan para enfrentar los desafíos futuros.

Por otro lado, los submarinos han sido una parte fundamental de la defensa naval desde la Segunda Guerra Mundial, y su sofisticación ha evolucionado en consonancia con los avances tecnológicos generales.

Hoy en día, los submarinos modernos están equipados con tecnologías de última generación destinadas a mejorar la seguridad y la eficiencia en el mar. Sin embargo, la capacidad de detectar y responder automáticamente a las amenazas en



Diferencias entre IA, *machine learning* y *deep learning*. (Fuente: Iberdrola)

un entorno marítimo complejo y cambiante sigue siendo un reto significativo. En este contexto, la IA podría ser un recurso valioso para mejorar las capacidades de los submarinos en detectar y responder a amenazas en tiempo real, proporcionando una ventaja estratégica sobre sus adversarios en situaciones de conflicto.

### Marco de implementación de sistemas de IA en el Arma Submarina

En la actualidad, las unidades del Arma Submarina están dotadas de una gran cantidad de sensores capaces de recopilar numerosos datos del entorno que las rodea.

Es por ello que con la incorporación de sistemas de IA se podría asegurar una gestión apropiada de toda esa información con el objetivo de mejorar la capacidad de los submarinos para operar de manera más autónoma y efectiva.

Para ello, se propone un marco de implementación de sistemas de IA en el Arma Submarina soportado por la búsqueda de ejemplos de sistemas parecidos que tienen aplicación en otras marinas del mundo.



Submarino clase S-80 Plus de la Armada. (Fuente: *El Confidencial*)

### *Sistema de reconocimiento automático de buques a través de imágenes en los periscopios*

El uso de los periscopios para la identificación de buques está estrictamente condicionado a la capacidad del operador para reconocer la silueta de éstos, además de aportar datos útiles para el establecimiento de la situación de superficie o la realización de un ataque. Es por esto que en algunos casos surgen equivocaciones que pueden llegar a comprometer la seguridad o el éxito de la misión. Además, si a esto añadimos situaciones de navegación bajo condiciones meteorológicas desfavorables o situaciones de alta tensión, el porcentaje de error puede terminar en catástrofe.

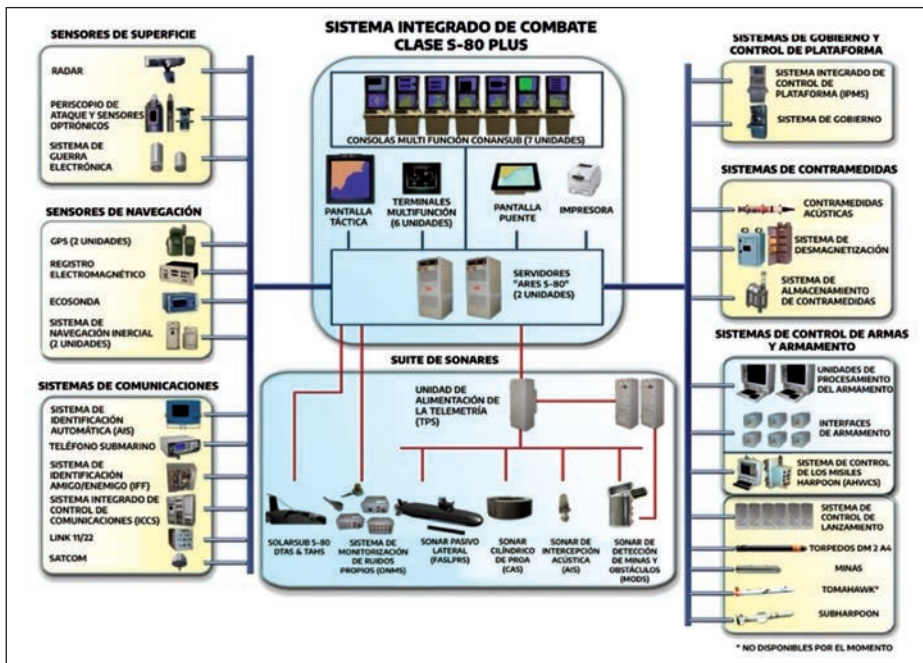
Por tanto, se propone dotar a los periscopios de sistemas de IA enfocados al análisis de imágenes que, mediante el uso de técnicas avanzadas de *deep learning* y *machine learning*, puedan entrenar algoritmos para identificar diferentes tipos de buques a partir de las imágenes capturadas. Esto se consigue enseñando al algoritmo mediante la repetición de un proceso de entrenamiento, en el que se presenta al sistema una gran cantidad de imágenes etiquetadas que le ayudan a aprender a reconocer patrones específicos y, eventualmente, mejorar su capacidad para hacer predicciones precisas. De esta manera, se lograría una clasificación automática de los buques en función de su silueta, minimizando la dependencia del operador humano y asegurando fiabilidad y precisión en la operación.

*Sistema de IA para la detección automática de amenazas y el apoyo al Mando y Control*

Otra aplicación que puede ser de gran utilidad —y que, como hemos visto previamente, ya tiene uso en la Armada— es implementar un sistema automático de detección y análisis de amenazas junto con sistemas de Mando y Control.

En concreto, en el ámbito de los submarinos, los nuevos *S-80 Plus* están dotados de un potente sistema de combate que cuenta con un algoritmo de análisis de datos y sensores sonar de última generación, capaz de proporcionar resultados fiables de la cinemática del blanco. En este caso, se buscaría mejorar aún más este algoritmo, y para conseguirlo se le pueden incorporar bases de datos que contengan inteligencia sobre el enemigo, como su análisis espectral. Esta información permitiría al algoritmo analizar y comparar las señales detectadas con las características de los posibles objetivos en la base de datos y, en función de esta evaluación, el sistema puede determinar si la señal representa una amenaza o no.

En el momento que se determine que una señal es una amenaza, a través de un sistema automatizado de IA de Mando y Control el sistema de combate



Sistemas y subsistemas controlados por el Sistema Integrado de Combate de la clase *S-80 Plus*. (Fuente: Revista *Ejércitos*)

puede proponer una serie de acciones específicas teniendo en cuenta el entorno y la misión encomendada.

Un ejemplo de estos sistemas es el *Advanced Processor Build* creado por Estados Unidos, que utiliza una combinación de técnicas de procesamiento de señales y redes neuronales para detectar minas en entornos de alta interferencia (DoD, 2022).

En el procesamiento de señales basadas en IA también existen varios proyectos, como el que desarrolla la empresa británica Thales, que usa una red neuronal para analizar los datos del sonar y reconocer patrones que indiquen la presencia de submarinos enemigos (Thales, 2018).

### *Adquirir un sistema autónomo con tecnología de IA*

Son múltiples las ventajas que aportan los sistemas autónomos en la evolución eficaz de las operaciones. En este sentido, sería interesante desarrollar un proyecto sobre la obtención de un submarino autónomo para el Arma Submarina.

Estos submarinos estarían equipados con redes neuronales profundas y técnicas de aprendizaje profundo, que les permitirían tener una mayor capacidad para navegar en entornos difíciles y detectar objetivos con mayor precisión que los submarinos tripulados. Además, estos sistemas serán capaces de aprender y adaptarse a nuevos escenarios y situaciones a medida que se les proporcione más información, lo que les posibilitará mejorar su rendimiento y tomar decisiones más precisas en futuras misiones (*La Verdad*, 2020).

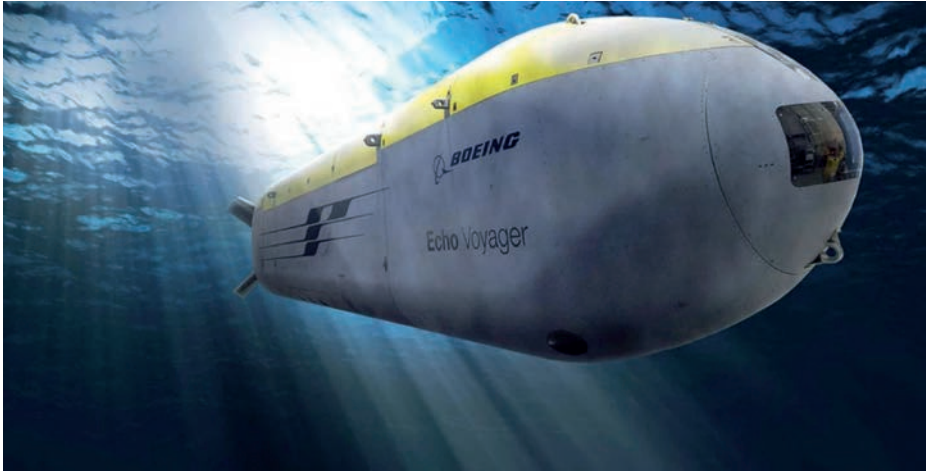
En particular, la US Navy ha iniciado un proyecto denominado CLAWS para el desarrollo de submarinos no tripulados controlados por IA, específicamente en la implementación de sistemas de control autónomo y percepción situacional para la navegación y la detección de objetivos (Parra, 2020).

### *Sistemas de IA para mejorar los consumos de energía, control de atmósferas y mantenimiento predictivo*

Implementar tecnologías de IA puede ayudar a la optimización del uso de la energía a bordo, un factor crítico en nuestros submarinos convencionales, mejorando los tiempos de inmersión y reduciendo el número de indiscreciones.

A partir de sistemas de IA que incorporen algoritmos y técnicas de aprendizaje no supervisado se podría realizar un análisis del consumo de energía a bordo y de producción/almacenamiento de energía en las baterías, con lo que el sistema sería capaz de desarrollar un modelo predictivo que permitiría ajustar el consumo en tiempo real, controlando de forma autónoma los equipos para maximizar su eficacia energética. Estos modelos pueden tener en cuenta factores como la velocidad del submarino, el régimen de descarga de baterías y la carga de las





Submarino no tripulado *Orca* del proyecto CLAWS. (Fuente: Boeing)

mismas, la profundidad a la que se encuentra, la temperatura del agua, etcétera. Además, la IA puede ser utilizada para optimizar la navegación del submarino, aprendiendo, con la incorporación de bases de datos, sobre los patrones de corriente y clima para determinar la mejor ruta que ayude a minimizar el consumo de energía.

Por otro lado, los sistemas de IA también pueden ser utilizados para el control de atmósferas. Éstos, a través de sensores de gases y sistemas de monitoreo ambiental ubicados por el submarino, recopilan información sobre la calidad del aire y la concentración de gases tóxicos. Una vez tienen la información, la analizan en base a patrones aprendidos con técnicas de IA supervisada y después ejecutan acciones de forma automática para garantizar una atmósfera segura y saludable para la dotación.

### **Desafíos técnicos y de seguridad asociados a la implementación de sistemas de IA en el Arma Submarina**

A pesar de que estas tecnologías ofrecen muchos beneficios, hay que tener en cuenta que presentan ciertos desafíos en determinados aspectos que deben ser tratados a medida que se vayan desarrollando para poder garantizar operaciones seguras y eficientes en este ámbito.

El principal problema de los modelos de IA es la mala calidad de los datos que se incorporan a los sistemas, lo que provoca la degradación de la precisión de los modelos, ya que dependen de estos datos para entrenarse y mejorarse a sí mismos. Además, también puede darse el caso de que se generen resultados

incorrectos o poco fiables que pueden comprometer la seguridad y la eficacia de las operaciones.

La calidad se ve mermada por la complejidad de la naturaleza del entorno submarino, donde normalmente las interceptaciones acústicas captadas por nuestros sensores se ven comprometidas por la presencia de ruido ambiental, la interferencia de las corrientes marinas o la propagación acústica de la zona en la que nos encontremos.

Por lo tanto, es fundamental garantizar la calidad de los datos utilizados en los sistemas de IA; esto se puede hacer mejorando la precisión y fiabilidad de los sensores submarinos que los recopilan o dotando a los sistemas de algoritmos robustos que desechen información que no sea válida para alimentar los mismos.

Otro reto al que estas tecnologías se enfrentan son las vulnerabilidades informáticas de los propios sistemas, ya que un ataque cibernético podría alterar el comportamiento de los equipos, manipular datos de naturaleza sensible o incluso llevar a cabo el propio control de los equipos y armas.

Por ello, es fundamental aplicar medidas de seguridad sólidas que protejan la integridad y la confidencialidad de los datos, como el cifrado de éstos, la implementación de sistemas de autenticación y autorización, el monitoreo constante para detectar posibles amenazas y la actualización regular de los sistemas de seguridad en base a las últimas amenazas cibernéticas. Además, se deben establecer protocolos de respuesta ante incidentes de seguridad para poder actuar rápidamente en caso de un ataque cibernético.

En resumen, para garantizar las ventajas que se obtienen de la IA hay que combatir los desafíos que se presentan y diseñar sistemas que sean confiables, interoperables y seguros. Además, es importante que los modelos de IA se actualicen regularmente y se verifiquen con datos actualizados y precisos para asegurarse de que sigan siendo confiables a medida que cambian las condiciones submarinas y se recopilan nuevos datos acústicos.

## Conclusiones

La investigación ha arrojado valiosos resultados que resaltan el papel fundamental y el potencial revolucionario de la IA en este particular campo.

En primer lugar, se ha evidenciado que la IA tiene la facultad de generar un cambio significativo en las capacidades del Arma Submarina, mejorando la precisión, eficiencia y seguridad de sus unidades operativas. Su integración permite que el Arma Submarina tome decisiones en tiempo real y se adapte dinámicamente a situaciones cambiantes al analizar las tendencias en su entorno y ajustar su comportamiento en consecuencia.

Más allá de estas conclusiones centrales, hay otros aspectos dignos de mencionar relacionados con la implementación de la IA en la defensa submarina.

Se destaca que los modelos de IA más utilizados son aquéllos basados en redes neuronales, combinados con técnicas de aprendizaje profundo (*deep learning*) y aprendizaje automático (*machine learning*) no supervisado. Además, la calidad y la cantidad de datos desempeñan un papel fundamental en el éxito de estos sistemas, lo que subraya la importancia de equipar a las unidades submarinas con sensores múltiples para recopilar datos de manera exhaustiva.

Es relevante que, a pesar de la autonomía de los sistemas de IA, el factor humano continúa siendo esencial para el entrenamiento y la supervisión de los algoritmos utilizados.

Por otro lado, aún quedan importantes desafíos, como la necesidad de mejorar la calidad de los datos acústicos, ya que éstos influyen en gran medida en la precisión de los sistemas, y otros tan a la orden del día como la seguridad cibernética para garantizar la protección ante amenazas informáticas.

En resumen, es innegable que la IA se va a convertir en una herramienta esencial para mejorar las capacidades del Arma Submarina en el mundo actual. Su potencial para aumentar la precisión, adaptabilidad y eficiencia de las unidades submarinas es incuestionable, aunque se reconocen los desafíos que deben superarse en el camino hacia su implementación exitosa en este crucial ámbito de la defensa.

#### BIBLIOGRAFÍA

- «*Deep learning*: un concepto clave para llevar la inteligencia artificial al siguiente nivel». Iberdrola, en <https://www.iberdrola.com/innovacion/deep-learning>
- TEKNAUTAS: «Defensa destinará otros 700 millones a su submarino *high tech*». *El Confidencial*, en [https://www.elconfidencial.com/tecnologia/2014-04-16/defensa-destinara-otros-700-millones-a-su-submarino-high-tech\\_117257/](https://www.elconfidencial.com/tecnologia/2014-04-16/defensa-destinara-otros-700-millones-a-su-submarino-high-tech_117257/)
- «El Programa S-80. El sistema de combate». *Ejércitos*, 28 de noviembre de 2022, en <https://www.revistaejercitos.com/2022/11/28/el-programa-s-80-el-sistema-de-combate-il-Advanced-Processor-Build-APB-Software-Development-Integration-Departamento-de-Defensa-DoD-de-los-Estados-Unidos-2022>.
- «How AI could save a submarine from attack». Thales, 18 de octubre de 2018. <https://www.thalesgroup.com/en/worldwide/defence/magazine/how-ai-could-save-submarine-attack>
- «Submarinos controlados por IA son desarrollados por la Marina estadounidense». *La Verdad Noticias*, 2020, en <https://laverdadnoticias.com/innovacion/Submarinos-controlados-por-IA-son-desarrollados-por-la-marina-estadounidense-20200310-0160.html>
- PARRA, Sergio: «La Marina de EE. UU. desarrolla robots submarinos capaces de atacar autónomamente». *Muy Interesante*, 12 de marzo de 2020, en <https://www.muyinteresante.es/tecnologia/14671.html>
- RUSSELL, Stuart J.; NORVIG, Peter: *Artificial Intelligence: A Modern Approach*. Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice Hall, Inc., 1995.
- JUAN, Jaime; CANTERO, Laura: «Los tipos de Inteligencia Artificial que deberías conocer». *Solver*, 13 de abril de 2021, en <https://iasolver.es/los-tipos-de-inteligencia-artificial-que-deberias-conocer/>
- VALLALTA RUEDA, J. F.: «Aprendizaje supervisado y no supervisado». *Health Data Miner* (citado el 28 de enero de 2023), en <https://healthdataminer.com/data-mining/aprendizaje-supervisado-y-no-supervisado/>



- «Tipos de inteligencia artificial según su capacidad y funcionalidad». *Gamco* (consultado el 28 de enero de 2023), en <https://gamco.es/tipos-de-inteligencia-artificial-capacidad-funcionalidad/>
- MORALES, Eduardo; SUCAR, Enrique: «Lógica, Reglas de Producción y Representaciones Relacionales». *INAOE*. (consultado el 29 de enero de 2023), en <https://ccc.inaoep.mx/~esucar/Clases-ia/Laminas2017/logregrel.pdf>
- DARLINGTON, K.: «Sistemas de IA explicables: comprender las decisiones de las máquinas». *OpenMind BBVA*, 11 de octubre de 2017 (consultado el 2 de febrero de 2023), en <https://www.bbvaopenmind.com/tecnologia/inteligencia-artificial/sistemas-de-ia-explicables-comprender-las-decisiones-de-las-maquinas/>
- «Inteligencia Artificial». Universidad de Coruña-CITIC, en <https://citic.udc.es/inteligencia-artificial/>
- RODRIGO, Alonso: «IA, Machine Learning y Deep Learning, ¿cuál es la diferencia?». *Hard Zone*, 9 de febrero de 2023, en <https://hardzone.es/tutoriales/rendimiento/diferencias-ia-deep-machine-learning/>
- DE LA FUENTE CHACÓN, J. C.: «La inteligencia artificial y su aplicación en el mundo militar». *Documentos de Seguridad y Defensa*, 79. Instituto Español de Estudios Estratégicos, 2017.
- GÓMEZ DE ÁGREDÁ, Á.: «Usos militares de la inteligencia artificial, la automatización y la robótica (IAA&R)». Centro Conjunto de Desarrollo de Conceptos. Ministerio de Defensa, 2019.
- STOPPANI, Gladys: «Impacto del uso de la inteligencia artificial y la robótica inteligente en la defensa». *Adefinitivas*, 1 de junio de 2022 (consultado el 5 de febrero de 2023), en [https://adefinitivas.com/arbol-del-derecho/impacto-del-uso-de-la-inteligencia-artificial-y-la-robotica-inteligente-en-la-defensa-a-cargo-de-gladys-stoppani/#\\_ftn3](https://adefinitivas.com/arbol-del-derecho/impacto-del-uso-de-la-inteligencia-artificial-y-la-robotica-inteligente-en-la-defensa-a-cargo-de-gladys-stoppani/#_ftn3)
- SHEWAN, Dan: «10 Companies Using Machine Learning in Cool Ways». *World Stream*, 3 de diciembre de 2021, en <https://www.wordstream.com/blog/ws/2017/07/28/machine-learning-applications>
- ALONSO, Alejandro: «¿Cuál es el país de América Latina con más empuje de la IA?». *ITsitio*, 16 de octubre de 2018, en <https://www.itsitio.com/us/pais-america-latina-mas-empuje-la-ia/tipo-de-aplicaciones-de-ia-utilizadajpg/>
- «Qué son las redes neuronales y sus funciones». *Atria*, 22 de octubre de 2019, en <https://www.atriainnovation.com/que-son-las-redes-neuronales-y-sus-funciones/>
- RODRÍGUEZ CASAJÚS, Gonzalo: *Predicción de tipo de buque utilizando datos AIS y técnicas de inteligencia artificial*. Centro Universitario de la Defensa, 2022.
- ÁLAMO, Lola: «La Armada usará inteligencia artificial para vigilar el entorno marítimo desde Cartagena». *La Opinión de Murcia*, 10 de octubre de 2021, en <https://www.laopiniondemurcia.es/cartagena/2021/11/10/armada-usara-inteligencia-artificial-vigilar-59387366.html>
- «La Inteligencia Artificial en los sistemas de Mando y Control». *GMV*, 2020, en <https://gmv.com/es-es/media/blog/defensa-y-seguridad/la-inteligencia-artificial-en-los-sistemas-de-mando-y-control>
- Guía de orientación sobre el Gemelo Digital*. Navantia, en <https://www.navantia.es/wp-content/uploads/2020/10/guia-gemelo-digital.pdf>
- LAMAS LÓPEZ, Francisco: «Sensores inteligentes y módulo de mantenimiento predictivo embarcado (MAPRE)». *REVISTA GENERAL DE MARINA*, julio de 2022, en <https://armada.defensa.gob.es/archivo/rgm/2022/07/rgmjul2022cap08.pdf>
- «Indra investiga el uso de inteligencia artificial para potenciar la operatividad de la Armada Española». Indra, 2019, en <https://www.indracompany.com/es/noticia/indra-investiga-uso-inteligencia-artificial-potenciar-operatividad-armada-espanola>
- AJEMA: *Líneas Generales de la Armada 2022*. Ministerio de Defensa.
- GÓNZALEZ, Izan: «Así son los enjambres de drones que se desarrollan en Alcalá de Henares». *El Español*, 2021.
- «Indra comparte los últimos avances en simulación y serious games para mejorar el entrenamiento militar». *La Razón*, 27 de junio de 2018, en <https://www.larazon.es/economia/indra-comparte-los-ultimos-avances-en-simulacion-y-serious-games-para-mejorar-el-entrenamiento-militar-CL19306224/>

La fragata *Numancia* y el buque estadounidense *Arctic* preparando la maniobra de aprovisionamiento durante el Ejercicio DINAMIC MANTA 2023, 8 de marzo.  
(Foto: Rafael Romero Jiménez)

