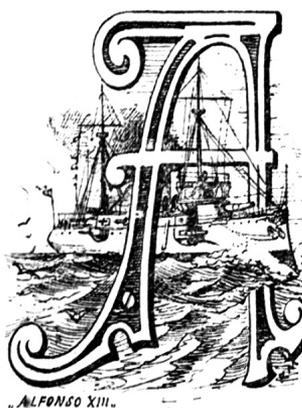


# EL ARCO Y LA FLECHA

Alejandro JUBERA DOMINGO



UNQUE le parezca sorprendente al lector, en materia de guerra antisubmarina (ASW) se han logrado avances formidables por otras naciones de nuestro entorno. Así, aunque dispongamos de arcos y flechas antisubmarinas, puedo asegurar que se está dando un salto tecnológico de tal envergadura, que podríamos vernos en la situación de estar luchando como apaches con arcos y flechas en campo abierto contra el Séptimo de Caballería y sus fusiles de repetición.

Recordemos que la guerra antisubmarina se define como negar el uso efectivo de los submarinos por parte del enemigo.

En este artículo me propongo hacer un humilde ejercicio de divulgación sobre el nuevo concepto

de guerra antisubmarina que se está desarrollando, condicionado por los siguientes factores:

- El escenario más probable de actuación, el entorno litoral.
- Evolución de sensores submarinos, sonares de baja frecuencia. Sistemas sonar multiestáticos.
- Vehículos no tripulados en ASW.
- Comunicaciones submarinas para intercambio de datos e información.
- El valor de la vida humana en el mundo occidental, en el que toda unidad es considerada valiosa y su pérdida pudiera tener un efecto demoleedor en la opinión pública. Se diluye la diferencia de valor operacional y estratégico entre la HVU (*High Value Unit*) y sus escoltas.
- Reducida indiscreción de los submarinos con propulsión independiente del aire y nuevas capacidades de estos.

- Evolución de los buques antisubmarinos para mejorar su autoprotección.
- Desarrollo de los nuevos aviones de patrulla marítima, guerra antisubmarina de gran altitud.
- Concepto de Guerra Antisubmarina de Teatro y necesidad de mantener un conocimiento del entorno submarino de forma persistente.

No pretendo ser exhaustivo y riguroso, únicamente dar a conocer la situación general, por lo que puedo haber cometido alguna imprecisión en pos de hacer un poco menos árida la lectura para alguien no familiarizado con el tema.

Han corrido ríos de tinta explicando la precaria situación que atraviesa la capacidad ASW desde que se diluyó la amenaza submarina de la extinta URSS. El material y la doctrina OTAN provienen de esa época en la que la supervivencia de los países occidentales dependía en parte de una alta capacidad antisubmarina que contrarrestase la amenaza de los submarinos del Pacto de Varsovia armados con misiles nucleares de largo alcance.

Tampoco debemos olvidar que el símbolo de la Armada y de cualquier marina de guerra es el ancla, un icono que indica lo reticentes que somos al cambio. Así está y así es como debe ser, lo que nos hace ser exigentes y duros con los que presentan cambios, ya que la mejora debe ser considerable respecto a lo anterior para que valga la pena ser adoptada.

Por otra parte, me gustaría recordar la anécdota del ingeniero alemán Messerschmitt, quien antes de la Segunda Guerra Mundial había desarrollado el concepto de un avión con carlinga cerrada que permitía una gran maniobrabilidad y cuya velocidad era superior a otros diseños de aviones contemporáneos. Esta idea revolucionaria se sometió a la consideración del barón Von Richthofen, as de la Primera Guerra Mundial, conocido por todos como el Barón Rojo. Dicho prototipo de avión, el *ME109*, fue criticado por él, ya que según argumentaba el piloto no sería capaz de percibir durante el combate los cambios de velocidad o entrada en pérdida del avión si no sentía el viento en la cara.

Visto el conflicto anterior con perspectiva histórica, todos estamos de acuerdo con el bueno de Messerschmitt y pensamos que el Barón Rojo tenía un concepto obsoleto de cómo debía ser un avión de caza. A la vez, es justo reconocer que los avances y desarrollos aeronáuticos alcanzados durante la Primera Guerra Mundial permitieron al ingeniero alemán proponer un salto conceptual tan grande.

## **El escenario antisubmarino y su concepto de sistema ASW idóneo**

Para identificar las capacidades antisubmarinas que son necesarias, el primer paso consiste en definir el escenario.

El supuesto de ASW que se maneja por la Marina de Estados Unidos, y con gran influencia en la OTAN, es el expresado en el documento *Littoral undersea warfare 2025*, del que extraeré las ideas fuerza más destacadas en lo que toca a su escenario. Se trata de la defensa de un Estado insular contra submarinos con propulsión independiente del aire y con las siguientes premisas:

- Comenzar las operaciones antisubmarinas en menos de 72 horas.
- Ganar la iniciativa en menos de 10 días.
- Sostener la negación del mar a los submarinos por 30 días.
- Permitir el despliegue de fuerzas de mayor entidad 30 días más tarde.

Este modelo de escenario de guerra antisubmarina es el que se ejercita a nivel operacional en la OTAN, aunque con diferentes cadencias, lo que se plasma en el concepto de condiciones para alcanzar el éxito que secuencialmente sería: comenzar las acciones antisubmarinas tan pronto como sea posible mediante las fuerzas activadas permanentemente y las fuerzas de reacción rápida; poner al submarino enemigo en riesgo; ganar la iniciativa en la campaña ASW; negación del mar a los submarinos enemigos y, finalmente, el control del mar, tras la derrota definitiva de los medios submarinos oponentes, que permita sin riesgo el acceso a la zona de fuerzas aliadas de gran entidad.

Así, el tiempo de reacción es clave a la hora de ganar la iniciativa. Se puede decir que, en principio, toda solución antisubmarina que sea rápidamente desplegable es ventajosa.

Otro factor a tener en cuenta es que el submarino enemigo es más vulnerable entrando y saliendo de su puerto base, debido principalmente a la restricción de aguas navegables en inmersión, lo que ocasiona que sus movimientos sean más fáciles de predecir. Por ello, si no se han podido destruir en puerto, la estrategia inicial debe ser la contención en el entorno litoral.

Generalmente el ambiente litoral viene condicionado por la alta densidad de tráfico, pobres alcances sonar y peculiaridades ambientales bien conocidas por los submarinos «locales», que las aprovechan en su beneficio.

Dentro de este escenario, se debe asumir que el submarino enemigo además será muy silencioso y tendrá un bajo índice de indiscreción por su sistema propulsión independiente del aire, por lo que la búsqueda acústica activa será prioritaria, quedando relegada a un segundo plano la búsqueda acústica pasiva.

Otro producto clave del estudio del escenario es que serán necesarios sistemas persistentes para sostener la negación del mar al submarino enemigo durante un mes aproximadamente. Los sistemas antisubmarinos tradicionales son persistentes en el tiempo, pero necesarios en alto número, aumentando su exposición a los ataques del submarino. En cambio los sistemas no tripulados tienen el inconveniente de que necesitan ser recargados/reemplazados y estar dotados de conexión de datos de gran capacidad.

Respecto a la implementación gradual y proporcional de la fuerza, los medios tradicionales aumentan su exposición a ataques del submarino enemigo o se arriesgan a perder el contacto si se alarga el proceso de toma de decisiones. En cambio, los sistemas basados en vehículos no tripulados permiten alargar la toma de decisiones por el nivel operacional, tomando el riesgo aceptable de mantener el contacto e incluso cerrar distancias para una mejor identificación del contacto submarino.

Conceptualmente, la opción de sistemas no tripulados parece la más ventajosa, ya que no expone vidas, pero parece irrealizable en el corto plazo, principalmente porque necesitan mejorar su autonomía y permanencia; por ejemplo, con puntos de recarga submarinos para vehículos submarinos no tripulados y métodos de despliegue rápido de sensores agotados.

Llegados a este punto, se puede afirmar que, a medio plazo, todo sistema antisubmarino será una combinación de plataformas convencionales antisubmarinas de alta capacidad y vehículos submarinos no tripulados con capacidad de buscar, detectar, mantener el seguimiento y enfrentar a submarinos enemigos.

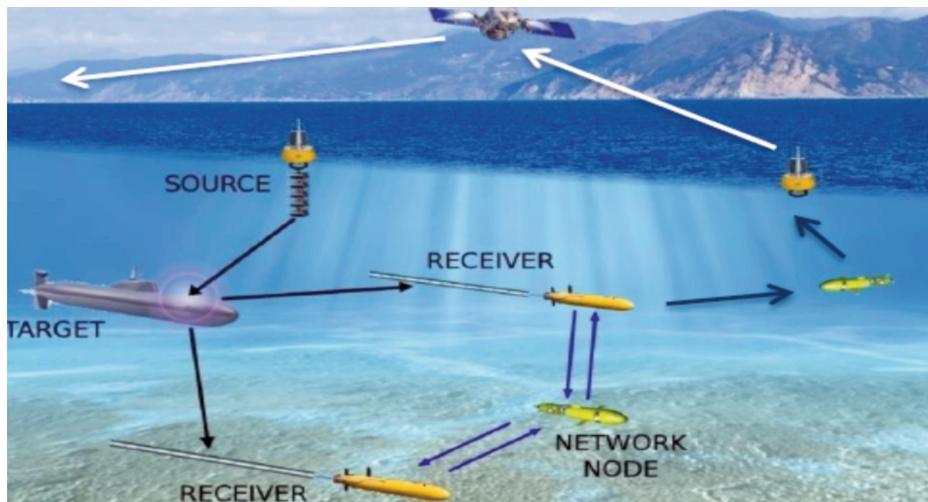
### **La ASW Cooperativa**

La doctrina antisubmarina actual exige un esfuerzo de coordinación muy alto entre unidades, aunque la inmadura tecnología en comunicaciones submarinas y el corto alcance de los sensores acústicos limitan esta coordinación por zonas y procedimientos poco flexibles, orientados a evitar enfrentamientos fratricidas e interferencias mutuas.

La futura guerra antisubmarina litoral requerirá disponer de una amalgama de sensores interconectados, vehículos no tripulados y plataformas convencionales que cooperen en el mismo espacio y al mismo tiempo. Estas fuerzas deberán operar de forma cooperativa, con bajo índice de falsas alarmas y baja probabilidad de enfrentamiento fratricida.

Efectivamente, debe existir una transición en la guerra antisubmarina basada en la coordinación entre plataformas convencionales (submarinos amigos, escoltas, aviones de patrulla marítima, helicópteros) hacia la ASW Cooperativa basada en el trabajo en red entre sistemas complementarios, con intercambio de información de sensores en tiempo real y uso de las armas más apropiadas en el sitio requerido. Para hacer realidad la ASW Cooperativa se necesitará alcanzar un mayor grado de madurez en los siguientes equipos o sistemas:

- Sistemas sonar multiestáticos, integrados por sonares a bordo de buques, aeronaves y vehículos no tripulados.
- Comunicaciones submarinas fiables y de alta capacidad.
- Sistemas de identificación submarina amigo-enemigo, equivalentes al modo 4 de IFF.



Concepto de Guerra Antisubmarina Cooperativa según el CMRE (1).

- Sistemas de predicción de alcance sonar y planeamiento de sistemas multiestáticos.
- Vehículos submarinos autónomos no tripulados.
- Boyas de enlace satélite-entorno submarino.

A continuación pasaremos a dar algún detalle sobre los principales sistemas entre los anteriormente enumerados y su estado de desarrollo.

### *Sistemas sonar multiestáticos*

El aumento del nivel de ruido ambiental en los océanos y los avances en reducción de firma acústica de los modernos submarinos empujaron hacia el desarrollo y evolución de los sonares activos de baja frecuencia (un kHz e inferior).

Al bajar las frecuencias de los sonares activos y aumentar la energía en la señal, se consiguieron mejores alcances en ambientes oceánicos, aunque en ambiente litoral daban un índice de falsas alarmas muy alto.

La necesidad de utilizar frecuencias tan bajas obligó a separar la antena receptora de la transmisora y, por lo tanto, a establecer un sincronismo entre

---

(1) CMRE: Center of Maritime Research and Experimentation.

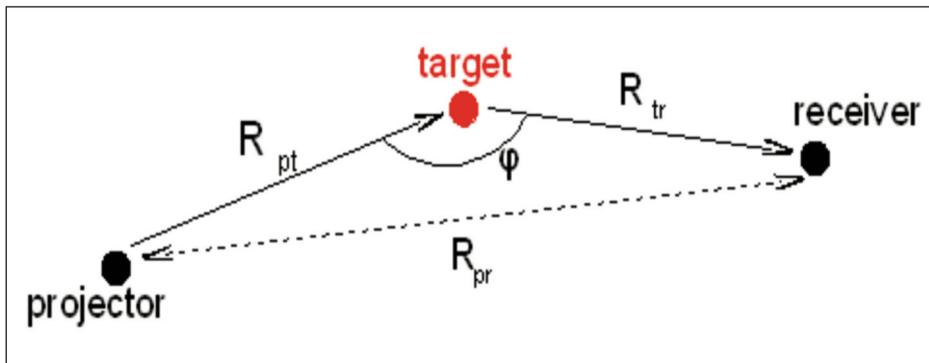
ellas, denominándolo biestatismo. Así, se hizo de la necesidad virtud, convirtiendo el problema del biestatismo en un trampolín para evolucionar hacia sistemas sonar multiestáticos.

Por poner un ejemplo de andar por casa, hablemos del procesador de sonoboyas SPAS-16 de los aviones de patrulla marítima *P3M* y un campo de sonoboyas activas desplegado en el agua. El procesador tiene la localización de todas las sonoboyas, el control sobre la transmisión de estas y recibe las señales obtenidas por todas ellas, pudiéndolas procesar de dos maneras:

- *Proceso convencional*: cada sonoboya utiliza su *ping* sonar para obtener la posición del contacto submarino.
- *Proceso multiestático*: una sonoboya transmite y todas reciben esa energía puesta en el agua, y cada una envía su percepción al procesador de sonoboyas, que obtiene un área de probabilidad del contacto. La clave está en el tiempo que pasa y el desfase en ángulo que hay cuando un elemento pasivo recibe el *ping* sonar directo desde la fuente y cuando recibe un eco del contacto, tras lo que se obtiene un área de posiciones probables del contacto.

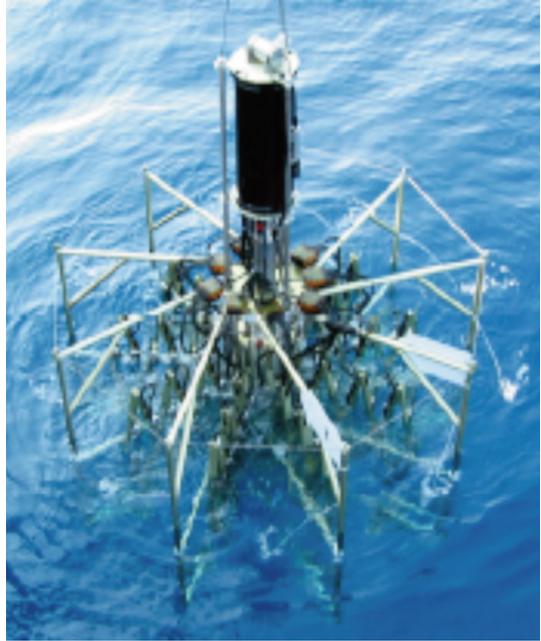
Para que varios sonares puedan formar un sistema multiestático es necesario que sean interoperables (frecuencias, formas de onda, etc.) y que estén sincronizados entre sí (VHF, HF o incluso satélite).

Imaginemos un sistema compuesto por un helicóptero con sonar activo calable, dos fragatas en pasivo, una boya enlace satélite-entorno submarino y dos vehículos submarinos no tripulados (UUV). Todos ellos formarían un sistema de detección activo multiestático. En este caso se supone que el submarino oponente abriría distancias del helicóptero calando en activo, ignorando que está siendo seguido de cerca por los UUV que forman parte del



Principio de funcionamiento de sistemas multiestáticos.

sistema. El caballo de batalla de estos sistemas, sobre todo en un entono litoral, son los algoritmos que hay que aplicar a las detecciones para obtener un nivel bajo de falsas alarmas. Para lidiar con la cantidad de contactos y falsos ecos, se aplica un algoritmo denominado *Track Before Detect* (seguir antes de detectar). En este proceso el sonar recibe señales por debajo del nivel de umbral de detección o al límite de dicho umbral, que le ayudan a estimar la trayectoria que puede llevar el contacto, desechando de esta manera muchos ecos no válidos y facilitando el seguimiento. A su vez, el contacto que ha superado el nivel de umbral tiene que describir una trayectoria que sea coherente, ya que si no corre el riesgo de ser desestimado por el sonar.



Boya activa de baja frecuencia DEMUS, utilizada por el CMRE, similar al sonar calable desde helicóptero tipo HELRAS. Integrada en sistemas multiestáticos como fuente de energía acústica activa.

Otro avance bastante extendido entre los fabricantes son las cadenas de hidrófonos pasivos tipo TRIPLET, con las que ya no existe la ambigüedad en demora, por lo que se facilita y agiliza la resolución del problema de determinar el área de probabilidad del contacto. En ellas cada elemento detector está formado por tres hidrófonos que forman un triángulo equilátero en el mismo plano. Esta especial disposición de los hidrófonos, junto con el apropiado algoritmo de formación de haces, permite determinar directamente la banda de detección sin necesidad de que el buque propio efectúe maniobras para resolver la ambigüedad en demora.

Los sonares calables HELRAS y la familia de los CAPTAS-4, CAPTAS-2, NANO-CAPTAS, de Thales, son sistemas comercializados actualmente que tienen un alto grado de fiabilidad en biestático y potencialmente alto en multiestático.

El centro de excelencia CMRE ha desarrollado este concepto multiestático con vehículos submarinos autónomos que remolcan antenas pasivas y boyas activas desplegadas, en los que todos los elementos están interconectados por comunicaciones de datos submarinos de alta capacidad.



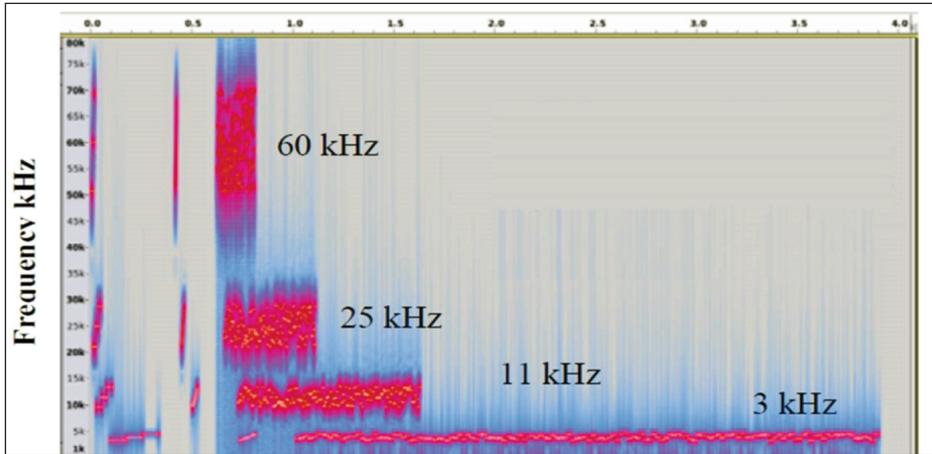
UUV integrado en un sistema multiestático, remolca una cadena de hidrófonos tipo TRIPLET como elemento pasivo del sistema.

## Las comunicaciones de datos submarinas

A principios de 2015 se aprobó el ANEP-87, un estándar de comunicación OTAN de datos submarinos basado en el protocolo JANUS. Con ello se pretende promover la interoperabilidad entre los sistemas de comunicaciones submarinas y así poder conectar equipos desarrollados por diferentes fabricantes de submarinos, buques de superficie, helicópteros, aviones de patrulla marítima, UAV (*Unmanned Aerial Vehicles*), UUV (*Unmanned Underwater Vehicles*), sonoboyas y boyas de enlace satélite-entorno submarino.

El JANUS podría equipararse al LINK-11 en el entorno submarino, e incluso de mayor entidad, ya que permite integrar diferentes sistemas y compartir información de sensores, transmitir datos del contacto y potencialmente implementarlo en el desarrollo del IFF submarino (en proceso de estandarización actualmente).

Se trata de una señal acústica que codifica 64 *bits* de información, denominado paquete de datos JANUS, de los cuales 34 pueden ser definidos por el fabricante del sistema dependiendo de su uso o aplicación. Además se puede incorporar un paquete de datos al final de la cadena de datos JANUS. Aunque en un futuro se pueda utilizar cualquier margen de frecuencias, por ahora se ha definido el margen de 9.440 Hz a 13.440, formando 13 parejas de tonos (cada tono representa un 1 o un 0).



En el espectrograma queda patente la diferencia de tiempo que lleva transmitir el mismo paquete JANUS en diferentes frecuencias centrales.

Utiliza una técnica de codificación común de señales denominada BFSK (*Binary Frequency Shift Keying*), consistente en la modulación por desplazamiento de frecuencia, con la ventaja de que no se ve afectada por el cambio de fase de la señal, lo que es altamente beneficioso tratándose de señales acústicas en entorno submarino.

Por otra parte el FH (*Frequency Hopped*), o el salto de frecuencia entre las 13 parejas de tonos, aporta mayor resistencia a interferencias causadas por la misma señal, utilizando distintas trayectorias de propagación, o por otros usuarios del JANUS. La secuencia de salto de frecuencia fija y conocida por todos los usuarios es el estándar de comunicación.

Con todo ello se consigue una señal robusta que permite una comunicación fiable en gran variedad de condiciones ambientales.

A pesar de todos estos avances en las comunicaciones de datos submarinas encontramos con un límite físico respecto a la transmisión de datos en el entorno submarino:

- Si tomamos una frecuencia central de 60 kHz, tenemos un gran ancho de banda (20.0000 Hz) y alcances menores de 1.000 yardas.
- Si se utiliza una frecuencia central de tres kHz, tenemos un ancho de banda mucho menor (1.000 Hz) y alcances de hasta 25.000 yardas.

Esta limitación de la física condicionará el desarrollo de futuros sistemas en la ASW cooperativa, sobre todo en lo que respecta a los vehículos submarinos no tripulados.

Parece que la tendencia actual es desarrollar UUV con inteligencia artificial suficiente para efectuar de modo autónomo la clasificación e identificación del contacto, sin descartar el IFF submarino o sonares de apertura sintética en los que no sea necesario un elevado flujo de datos acústicos. Al mismo tiempo, pueden aumentar las distancias de enlace facilitadas por la utilización de frecuencias bajas para enlace de datos JANUS.

## Armas antisubmarinas y vehículos no tripulados

La guerra antisubmarina de gran altitud en los nuevos aviones de patrulla marítima merece una mención dentro de este artículo. Como opción para el relevo de los *P-3C* se tomó el *P-8 Poseidón*, basado en el modelo comercial *Boeing 737*, que tenía el problema del alto consumo de combustible y crítica maniobrabilidad a baja cota.

Para mitigar estos problemas se pensó en dotar al avión de la capacidad para hacer la guerra antisubmarina a gran altitud. Un ejemplo de ello es la capacidad de lanzar torpedos Mk-54 a 30.000 pies de altura basándose en la tecnología JDAM (*Joint Direct Attack Munition*), que incluye navegación GPS.

Tras el lanzamiento del arma los planos de control y el sistema de navegación hacen planear al torpedo un máximo de 15 millas náuticas hasta su entrada en el agua, momento en que se desprenden las alas y funciona como un torpedo autónomo convencional. Esta distancia de planeo le proporciona al avión, por ejemplo, la capacidad de ataques fuera del alcance de las armas antiaéreas del submarino enemigo.

Este *kit* se ha incorporado a los torpedos lanzados desde el lanzador vertical Mk-41 (VL-ASROC), proporcionándoles un aumento de alcance. En los UAV se están gestando otros avances, como el FIRE SCOUT, dotándolos de sensores electroópticos, misiles Hellfire y futuro radar de banda X. Las expectativas son muy altas y se dice que podrían reemplazar a los helicópteros tripulados *SH-60B*, ya que tienen un radio de acción y cualidades similares, aunque con carga de combate de hasta 700 libras. Respecto a sensores y armas antisubmarinas, puede tener un gran potencial en un futuro a largo plazo.

En cuanto a los USV (*Unmanned Surface Vehicles*), el sistema Draco se presenta como una opción modular para el *Littoral Combat Ship*. Está en construcción el primer demostrador con casco de aluminio y propulsión a chorro, con el que podría alcanzar 35 nudos de máxima velocidad y 20 remolcando el sonar.

Finalmente, se han desarrollado con gran profusión por parte de muchas naciones los UUV, distinguiéndose dos tipos:

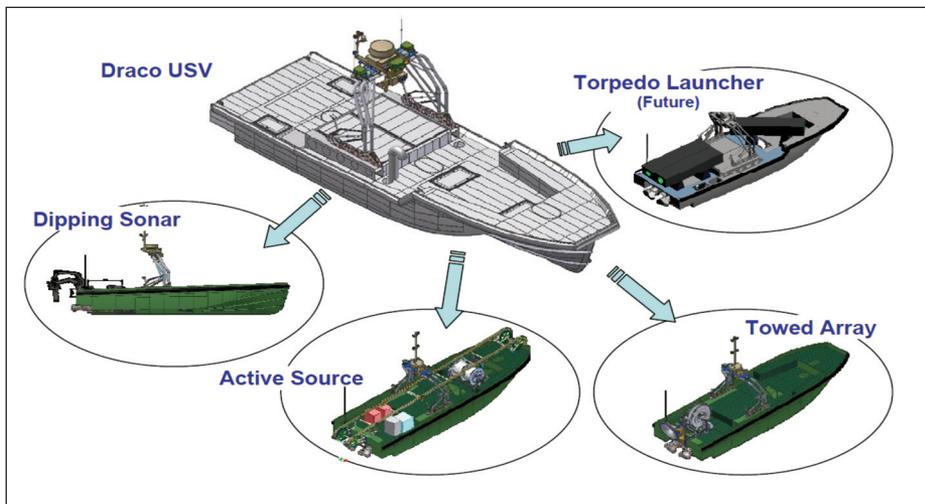


Torpedo Mk-54 con capacidad de guerra antisubmarina de gran altitud.

- AUV (*Autonomous Unmanned Vehicle*). La mayor parte de ellos se han diseñado tomando como base el torpedo pesado eléctrico para hacer búsquedas programadas en áreas definidas antes del lanzamiento y reaccionar ante los contactos de forma inteligente. Sus primeros pasos se dieron en el campo de las medidas contraminas en los puertos, instalándoles sonares de barrido lateral. Desarrollos posteriores les fueron dotando de cadenas de hidrófonos remolcados, aumentando el tamaño del vehículo, la electrónica de a bordo y su autonomía.
- ROV (*Remote Operated Vehicles*). Aunque de menor interés para la guerra antisubmarina, son los vehículos que son controlados por control remoto y están unidos al buque lanzador mediante un cable umbilical del que reciben órdenes y por el que envían información.

Las posibilidades que se abren en el desarrollo de los UUV son infinitas y pueden incluir: mayor autonomía, elevada inteligencia artificial, mejoras en sus sistemas de comunicación de datos submarinos, capacidad de IFF submarino, capacidad de identificación por sonar de alta frecuencia y lanzamiento de armas contra el submarino enemigo.

Todos los vehículos anteriormente descritos formarán en un futuro, a largo plazo, la denominada «línea de frente no tripulada antisubmarina», cuyo nudo



USV Draco, en desarrollo para el *Littoral Combat Ship* de la Marina de Estados Unidos.

gordiano es la necesidad de mejorar la autonomía de sus elementos, entendiéndose como autonomía en el más amplio sentido de la palabra: energética, de sensores y sobre todo independencia respecto a las comunicaciones submarinas. Para alcanzar esto último se están desarrollando doctrinas de comportamiento inteligente, haciendo a estos vehículos menos dependientes de un alto flujo de datos de comunicaciones submarinas.

Mientras se alcanza la plena madurez en todos estos elementos no tripulados, debemos asumir que el sistema de sistemas antisubmarinos deberá estar compuesto de plataformas convencionales mejoradas que trabajen de forma cooperativa entre ellas y que tengan capacidad para poder integrar futuros vehículos no tripulados.

Tras haber hablado de torpedos con alas, que vuelan hasta su punto de entrada en el agua, o de vehículos submarinos, que tienen implementadas unas doctrinas de comportamiento inteligente ante un contacto sonar, el lector podría pensar que estamos hablando de ciencia ficción mientras mira decepcionado su arco y su flecha con los que ha estado saliendo a cazar los últimos 30 años.

En definitiva, el futuro a medio plazo pasa por que se vayan incorporando de forma gradual todas estas tecnologías, no aún del todo maduras, a las plataformas convencionales.