ieee.es
Instituto Español de Estudios Estratégicos

Documento
Opinión

67/2018 04 de junio 2018

*Augusto Conte de los Ríos**

El vehículo submarino autónomo
de la Armada española

El vehículo submarino autónomo de la Armada española

Resumen

La aparición del submarino revolucionó el teatro de las operaciones navales. Sólo hay que recordar la hazaña del alemán Otto Weddigen y el U-9 contra los cruceros británicos Aboukir, Hogue y Cressy, tres modernas unidades hundidas por un frágil y pequeño submarino. Narciso Monturiol decía que de todas las artes conocidas, la de navegar debajo del agua era, sin duda, la más difícil y arriesgada empresa que podía emprender el hombre. Los progresos en la tecnología nos permiten aunar ambas ideas, el poder y discreción del submarino con los avances en robótica y sistemas autónomos. Mediante el análisis de la producción académica de la Web of Science en la última década, el registro de patentes en ese periodo y el estudio de los vehículos submarinos autónomos actuales, se propondrá cuál es el vehículo óptimo para la Armada. España se encuentra a punto de culminar su mayor proyecto, el submarino S-80 y es necesario pensar ya en el siguiente salto. Este artículo pretende poner algo de luz en tan compleja empresa.

Palabras clave

Submarino, vehículo no tripulado, dron, robot, planeador submarino, autónomo, guerra antisubmarina.

NOTA:** Las ideas contenidas en los ***Documentos de Opinión son de responsabilidad de sus autores, sin que reflejen, necesariamente, el pensamiento del IEEE o del Ministerio de Defensa.

The autonomous submarine vehicle of the Spanish Navy

Abstract

The birth of the submarine changed the theatre of naval operations. We just have to remember the feat by the German Otto Weddigen and the U-9 against the British cruisers Aboukir, Hogue and Cressy, three modern units sunk by a fragile, small submarine. Narciso Monturiol used to say that of all the known arts, navigation under water was, undoubtedly, the most difficult and risky endeavour that man could undertake. The developments in technology allow us to combine both ideas, the power and discretion of the submarine with the advances in robotics and autonomous systems. Thanks to the analysis of the academic production of the Web of Science in the last decade, the patents registered in that period and the study of the current underwater autonomous vehicles, we will put forward which the optimal vehicle for the Spanish Navy is. Spain is about to conclude her biggest project, the S-80 submarine, and it is necessary to think about the next jump. This article aims to shed light on such a complex issue.

Keywords

Submarine, Unmanned Vehicle, Drone, Robot, Underwater Glider, Autonomous, Antisubmarine Warfare.

Introducción

La llegada de los drones al escenario bélico ha hecho cambiar muchos manuales tácticos, ya no se concibe un conflicto sin el uso de estos modernos vehículos autónomos. Los arsenales del mundo se empiezan a llenar de estos raros vehículos denominados *unmanne*[1].

Su empleo se ha hecho especialmente importante en el escenario de las guerras hibridas o contra el terrorismo[2]. Inicialmente sólo se empleaban en labores de inteligencia, pero rápidamente, su versatilidad hizo que empezaran a montar armas y usarse como *hardkill*[3].

España se ha apuntado a esta nueva corriente, la Armada española acaba de incorporar una flotilla de estas pequeñas aeronaves autónomas denominada Undécima Escuadrilla. Esta escuadrilla aglutina la mayor parte de los sistemas aéreos autónomos de la Armada, estando dotada de cuatro Scan Eagle[4], un Skyhook marítimo y un lanzador *Super-Wedge HP*[5].

Por su parte, la Infantería de Marina también ha iniciado el mismo proceso con los Wasp-AE[6], el multicóptero Huginn X-1[7], el Alcotan en su fase de prototipo, y los Fulmar[8] que acaban de ser certificados en su proceso de EVALO (Evaluación Operativa). Eso respecto a la Armada, Tierra y Aire también están incorporando este tipo de vehículos, incluso se empieza a hablar de sistemas antidrones[9], todo muy enfocado a los vehículos aéreos.

---

[1] El término UNMANNED es el más extendido para referirse a este tipo de vehículos no tripulados que se controlan de forma remota y que suelen llevar multitud de sistemas y sensores para su funcionamiento.
[2] JORDÁN ENAMORADO, J. La campaña de ataques con drones en Yemen. Revista del Instituto Español de Estudios Estratégicos, 2013, (1), 37-59.
[3] FRANKE, U. E. Drones, Drone Strikes, and US Policy: The Politics of Unmanned Aerial Vehicles. Parameters, Spring 2014, 44(1), 121-130.
[4] «La Armada prueba con éxito su nuevo "Dron" Scaneagle». ABC, [En línea]. Disponible en: www.abc.es [Último acceso: 11 05 2018].
[5] JUÁREZ GALÁN, D. Los UAV de la Armada y los países de su entorno. Revista general de marina, 2016, 271(2), 333-340.
[6] «El Tercio Armada consigue la certificación de su sistema no tripulado WASP-AE». Defensa.com, [En línea]. Disponible en: www.defensa.com/espana/tercio-armada-consigue-certificacion-sistema-no-tripulado-wasp . [Último acceso: 11 05 2018].
[7] «La Infantería Marina de la Armada Española se entrena para el uso de drones». Onemagazine, [En línea]. Disponible en: www.onemagazine.es/industria-drones-infanteria-marina-entrenamiento-aeronave . [Último acceso: 11 05 2018].
[8] «La Infantería Marina de la Armada operará el Fulmar». Infodefensa.com, [En línea]. Disponible en: www.infodefensa.com/es/2017/10/25/noticia-infanteria-marina-operara-fulmar-adquirido-armada. [Último acceso: 11 05 2018].
[9] Los últimos avances en este tipo de armas tiende hacia los cañones de energía láser conocidos en sus siglas en inglés como LaWS (acrónimo de *Laser Weapon System*).

El desarrollo de los vehículos autónomos marítimos va más despacio, aunque ya se cuenta con prototipos de diferentes empresas españolas enfocados a la guerra de minas[10]. La ventaja de utilizar este tipo de vehículos es muy amplia, además del coste, se asegura la vida de las tropas, lógicamente el riesgo de perder un operador es menor si se hace desde la distancia.

Figura 1: Técnicos de la *US Navy* operando un vehículo submarino

Un vehículo submarino tiene doble ventaja, a la ventaja intrínseca que tiene en general este tipo de coste, se suma la discreción y la dificultad de su detección. Las Armadas de la OTAN están analizando cuál va a ser el vehículo autónomo del futuro.

Mediante el estudio de la producción académica mundial sobre los vehículos submarinos autónomos localizada a través de la Web Of Science (WoS) y el análisis informétrico del registro de patentes relacionados con entidades y autores se realiza una valoración del nivel de innovación tecnológica en este campo.

Los análisis de cocitación y coautorías de documentos, acompañados del uso de herramientas de visualización de grafos de red, consiguen dar una visión global de los documentos más citados y la tendencia del avance en el desarrollo tecnológico de este tipo de vehículos. La comparación entre los trabajos académicos y el registro de patentes, permite localizar qué empresas están invirtiendo y apostando por esta tecnología, determinando el sector al que pertenecen, industria militar, transportes u oceanografía.

[10] «Proyecto OCEAN MASTER (Vehículo Autónomo Multipropósito)». SAES, [En línea]. Disponible en: www.electronica-submarina.com/idi/ [Último acceso: 11 05 2018].

Por último, el análisis de las palabras clave sirve para descubrir dónde se encuentran los mayores escollos para desarrollar estos sistemas[11]. Términos legales[12], relacionados con las comunicaciones o con la energía que mueve estos vehículos, son palabras que aparecen en muchos de los documentos.

La importancia para España del desarrollo de esta tecnología y su posible empleo como arma, llevará a determinar qué empresas son las que están realizando los mayores más avances en este campo y permitirá avanzar de manera más rápida.

La última revolución militar fueron los vehículos autónomos aéreos[13] y dentro de los llamado *unmanned*, queda por desarrollar, la que será sin duda la gran revolución de nuestro siglo, el uso de vehículos submarinos para la exploración de los fondos marinos. Los UUV[14], acrónimo de *Unmanned Underwater Vehicle*, no son ciencia ficción, este tipo de armas empieza a proliferar y hay que pensar en preparar su llegada.

Origen de los UUV

El origen de los vehículos submarinos «tripulados» se puede remontar al viaje de Alejandro Magno y su esfera de cristal. En España, sería durante el reinado de Carlos V, cuando se hacen las primeras pruebas de un sumergible de madera en el Tajo[15] (*Opusculum Taisnieri*, Colonia 1562). El hombre seguiría soñando con la posibilidad de navegar debajo del agua hasta la llegada del Ictíneo de Monturiol y el proyecto de submarino torpedero de Isaac Peral.

Todos estos vehículos eran tripulados y, no sería hasta los años sesenta con el accidente de las bombas de Palomares[16] cuando se emplea por primera vez un vehículo no tripulado en España[17]. Eran los llamados ROV, acrónimo de *Remote*

---

[11] GOLDBERG, D., SEEREERAM, S. y KEY, B. Swarming Unmanned Underwater Vehicles. Sea Technology, Apr. 2017, 58(4), 31.

[12] HEINTSCHEL VON HEINEGG, W. The Development of the Law of Naval Warfare from the Nineteenth to the Twenty-First Century—Some Select Issues. In T.D. GILL, R. GEIß, H. KRIEGER

[13] «Monografías del SOPT 15: Proyecto RAPAZ y tecnologías anti-RPAS». MdD, [En línea]. Disponible en: www.tecnologiaeinnovacion.defensa.gob.es [Último acceso: 11 05 2018].

[14] La palabra UUV es un acrónimo en inglés de «Unmanned Underwater Vehicle».

[15] El primer experimento de navegación submarina conocido en España fue en 1538, una prueba en el río Tajo en presencia de Carlos V, según el informe «Opusculum Taisnieri» publicado en Colonia en 1562.

[16] «The Cable-controlled Undersea Recovery Vehicle (CURV)». Marine Technology News, [En línea]. Disponible en: www.marinetechnologynews.com/blogs/tags/curv~2di [Último acceso: 11 05 2018].

[17] «Mus in Nato». CJOS/COE, [En línea]. Disponible en: www.cjoscoe.org/images/MUS_in_NATO [Último acceso: 11 05 2018].

Vehicle Operated, vehículos submarinos filoguiados y operados de forma remota desde superficie.

Tras el éxito de Palomares, proliferan los ROV como antecesores de los UUV. Se extiende su uso en labores que conllevan riesgo para la vida humana: minería submarina, industria petrolera, tendido de cables, arqueología subacuática, oceanografía y sobre todo, guerra de minas.

Figura 2: Vehículo CURV utilizado en Palomares

Los fondos marinos se van abriendo a estos artefactos y empiezan a aparecer en escena los primeros UUV, todo gracias a la revolución de la nanotecnológica y la incursión de la inteligencia artificial, máquinas que aprenden con su funcionamiento. Desaparecen muchos límites y se plantea un uso mucho más amplio, por ejemplo, trabajos autónomos con cables submarinos, labores de inteligencia y por qué no, su empleo como arma[18].

La revolución de la tecnología robótica permite soñar en un futuro próximo con vehículos submarinos completamente autónomos, vehículos que surcarán las profundidades marinas, dando acceso al 70 % de una Tierra que está aún sin explotar.

[18] «Russia's nuclear underwater drone is real and in the Nuclear Posture Review». Defense News, [En línea]. Disponible en: www.defensenews.com [Último acceso: 11 05 2018].

Análisis de la producción académica

La Web of Science recoge las referencias de las principales publicaciones científicas de cualquier disciplina del conocimiento. Es una herramienta esencial para el apoyo a la investigación y para conocer los avances realizados por la comunidad científica. Para este estudio se han buscado los términos *UNMANNED*, *DRONE*, o *GLIDER* y *UNDERWATER*, realizando la búsqueda con ayuda de operadores booleanos y la combinación de los términos anteriormente citados.

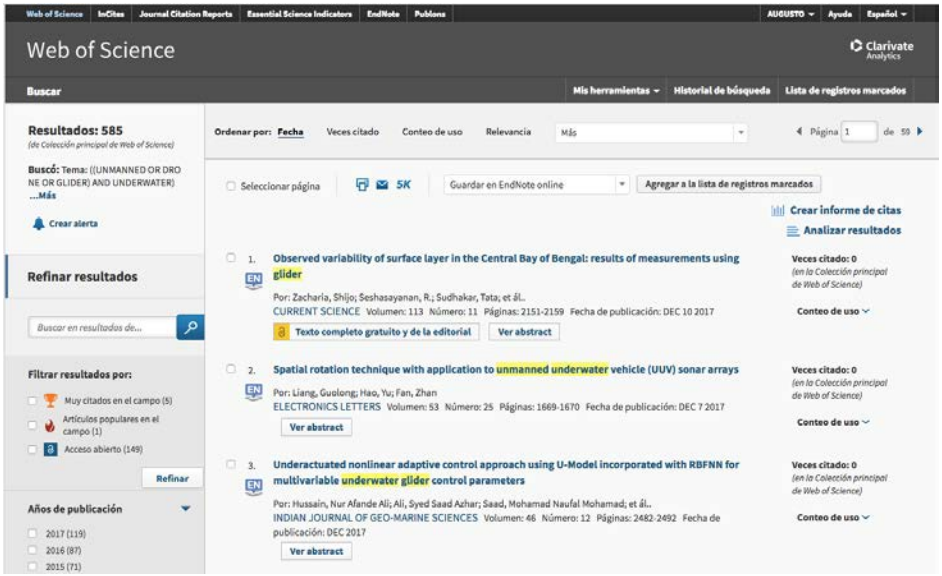


Figura 3: Búsqueda realizada por el autor en WoS

En la recuperación sin el término *UNDERWATER*, se obtiene el número de artículos publicados sobre vehículos autónomos sin diferenciar, entre terrestres, marítimos y aéreos, siendo estos últimos los que tienen actualmente mayor auge. La búsqueda se ha acotado a los años 2007-2017, particularizándose para la base de datos de la

Science Citation Index Expanded[19] (SCI-EXPANDED), encontrando 585 artículos distribuidos en las siguientes materias.

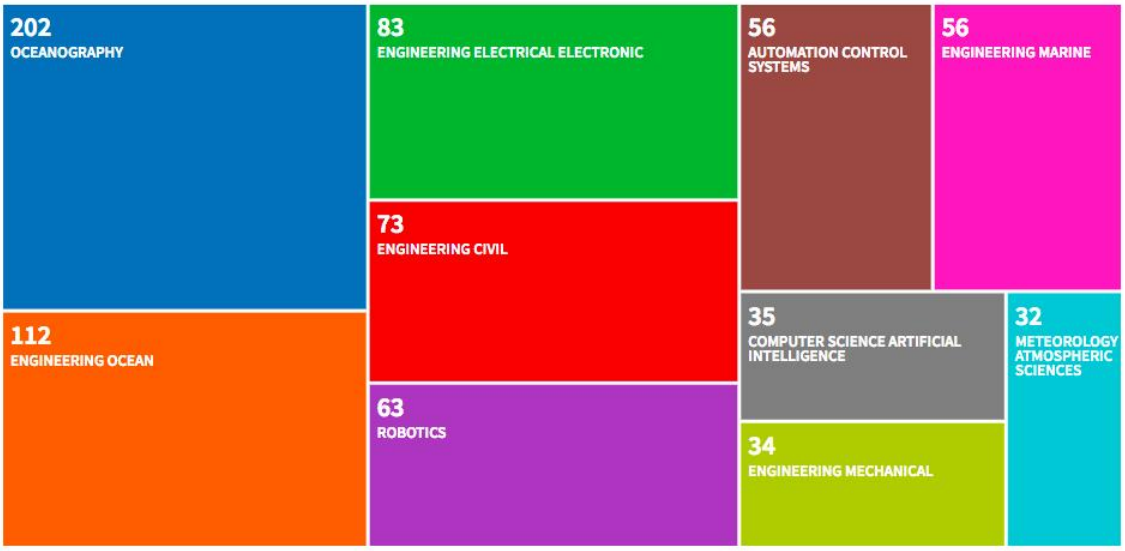


Figura 4: Resultados de la búsqueda por materia realizada por el autor en la WoS

Más del 50% de la producción académica, se realiza en Estados Unidos y la República Popular de China, ocupando España el noveno lugar con 19 artículos.

Países	Registros	% of 585
USA	227,00	38,803
PEOPLES R CHINA	119,00	20,342
SOUTH KOREA	40,00	6,838
ITALY	34,00	5,812
ENGLAND	30,00	5,128
CANADA	26,00	4,444
AUSTRALIA	20,00	3,419
MALAYSIA	19,00	3,248
SPAIN	19,00	3,248
FRANCE	18,00	3,077

Tabla 1: Relación de los 10 países con más publicaciones (WoS)

[19] Science Citation Index (SCI) es una base de datos documental donde se recogen todas las contribuciones (artículos, editoriales, cartas, revisiones, discusiones, etc.) que se puedan publicar a las revistas de ciencia y tecnología indizadas por Thomson Reuters.

Existe una fuerte presencia de autores asiáticos, aunque el autor con mayor número de documentos es Rudnick[20]. El primer español es Alberto Álvarez con un total de 11 artículos. Álvarez ha colaborado con el CMRE[21], Centro de Excelencia de la OTAN en La Spezia (*Centre for Maritime Research and Experimentation*).

Autores	Registros	% of 585
RUDNICK DL	26	4,444
YAN ZP	16	2,735
DAVIS RE	14	2,393
WANG YH	14	2,393
SCHOFIELD O	13	2,222
WANG SX	12	2,051
ALVAREZ A	11	1,88
ARSHAD MR	10	1,709
TODD RE	10	1,709
KOHUT J	9	1,538

Tabla 2: Relación de los 10 autores con más publicaciones (WoS)

Se realiza el análisis de coautoría, cocitación, concurrencia y emparejamiento con VOSviewer[22], filtrando en 5 el mínimo de documentos escritos por cada autor y realizando los análisis por países, organismos y palabras claves. El resultado obtenido se puede observar en las siguientes imágenes.

[20] Daniel L. Rudnick, profesor de Oceanografía en la Universidad San Diego de California. «Rudnick». UCSD, [En línea]. Disponible en: chowder.ucsd.edu/Rudnick/Daniel_L._Rudnick.html [Último acceso: 11 05 2018].
[21] Conocido anteriormente como Centro de Investigación Submarina de la OTAN (NURC), el Centro de Investigación y Experimentación Marítima (CMRE) es una instalación de investigación científica y experimentación de la OTAN que organiza y lleva a cabo investigación científica y desarrollo tecnológico, centrado en el dominio marítimo.
[22] «VOSviewer, herramienta para visualizar gráficos de redes bibliométricas». VOSviewer, [En línea]. Disponible en: www.vosviewer.com www.defensenews.com [Último acceso: 11 05 2018].

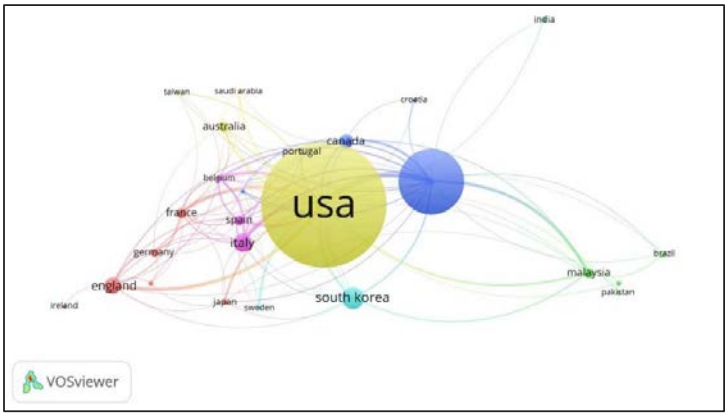


Figura 5: Visualización networks de citación por países en VOSViewer.
Información elaborada por el autor

En el análisis por países, el primer lugar lo ocupa Estados Unidos, el segundo China, siguiéndoles Corea del Sur, Inglaterra e Italia, con España manteniendo el noveno lugar.

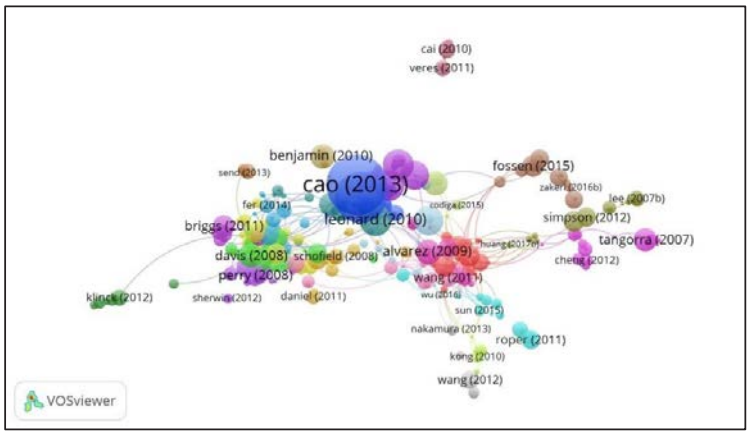


Figura 6: Visualización network de citación de documentos según número de citas.
Información elaborada por el autor

Se revela la preminencia de autores de procedencia o apellidos asiáticos. Precisamente el artículo más citado es uno de Cao[23] (2013). Analizando el gráfico de cocitación se llega a la conclusión que los autores con mayor número de documentos cocitados son Rudnick y Wang[24].

[23] Yongcan Cao es profesor de la Universidad de Texas San Antonio en Estados Unidos. «Yongcan Cao». UTSA, [En línea]. Disponible en: engineering.utsa.edu/electrical-computer/team/yongcan-cao [Último acceso: 11 05 2018].

[24] YanHui Wang es profesor de la Universidad de Tianjin en China. «YanHui Wang». Researchgate, [En línea]. Disponible en: www.researchgate.net/scientific-contributions/2065471108_Yan-hui_Wang [Último acceso: 11 05 2018].

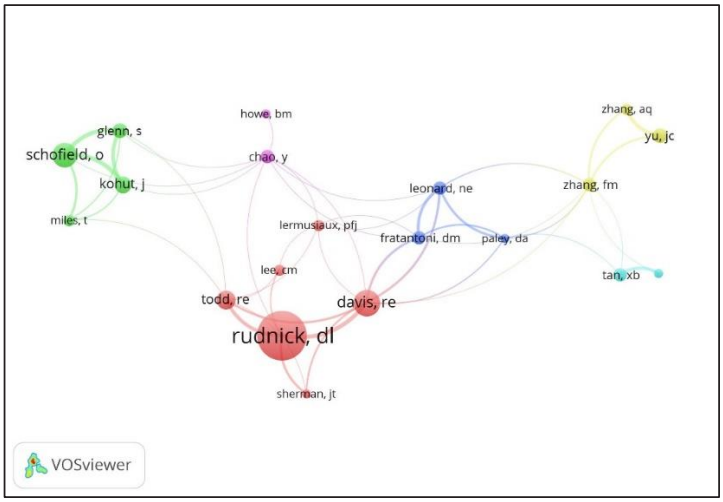


Figura 7: Visualización network de coautorías de autores según número de documentos. Información elaborada por el autor

El análisis de las palabras clave permite centrar las búsquedas y detectar qué términos son los más empleados en este tipo de trabajos. También dan un indicio de cuál es el mayor problema que presentan los UUV, el control y seguimiento debajo del agua.

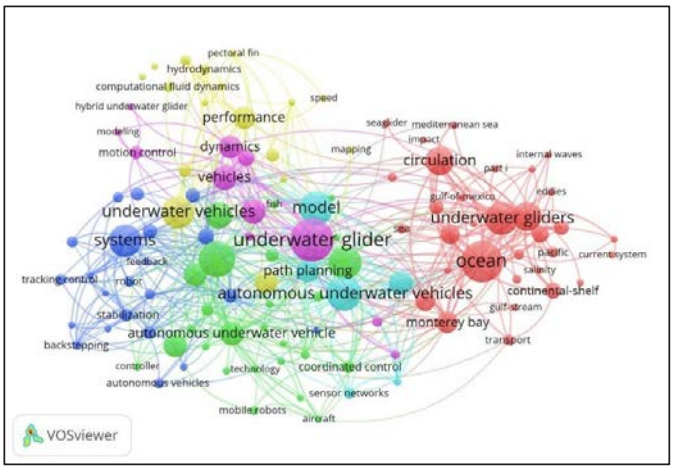


Figura 8: Visualización network de palabras clave según número de veces que aparecen en los documentos. Información elaborada por el autor.

En el análisis de citaciones de los autores por documentos, se obtienen un total de 38 autores ordenados en 5 nodos diferentes. El número de caminos que unen estos 5 nodos son 251, resultando un grafo aplanado de gran densidad.

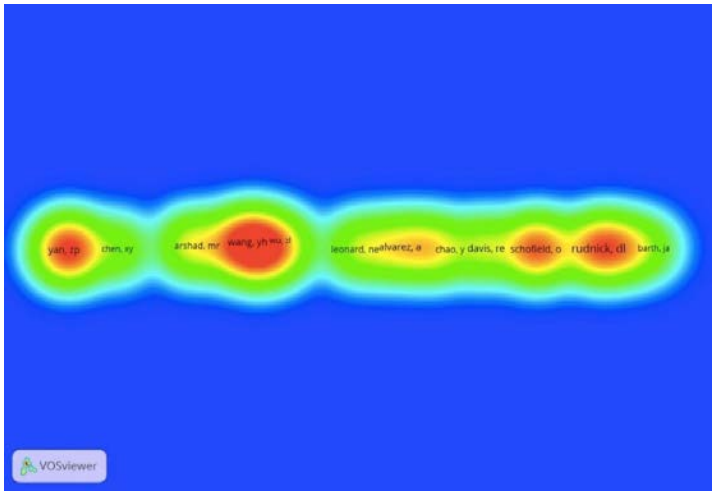


Figura 9: Visualización por densidad de citas y número de documentos.
Información elaborada por el autor

Filtrando la tabla de citación de autores a al menos diez artículos, revela que existe al menos un autor por nodo que cumple esas condiciones, siendo el nodo 4 de Rudnick y Davis[25] el más fuerte. El español Alberto Álvarez es el único representante del nodo 2, con 11 documentos.

Label	Nodo	Enlaces	Peso enlace	Documentos	Citas	Citas Normalizado
rudnick, dl	4	20	273	26	470	584.342
davis, re	4	26	237	14	850	384.286
yan, zp	3	4	14	16	36	90.736
schofield, o	5	14	78	13	133	85.901
wang, x	1	16	90	12	96	67.794
wang, yh	1	17	102	14	90	64.733
alvarez, a	2	18	109	11	117	8.152

Tabla 3: Relación de autores con más 10 publicaciones citadas (WoS)

En el análisis de producción por organismo, destacan las universidades norteamericanas, especialmente la Universidad de San Diego, siguiéndole la Universidad de Harbin en Reino Unido, el Instituto Woods en California y la Universidad de Tianjin en China. Existe una agrupación en 3 nodos con 44 organismos diferentes, ninguno español[26].

[25] Russ Davis fue director del NOAA y está adscrito a la Universidad de San Diego. «Russ Davis». UCSD, [En línea]. Disponible en: scrippsscholars.ucsd.edu/redavis/biocv [Último acceso: 11 05 2018].
[26] La Universidad de Gerona cuenta con un programa de Robótica Submarina muy interesante aunque

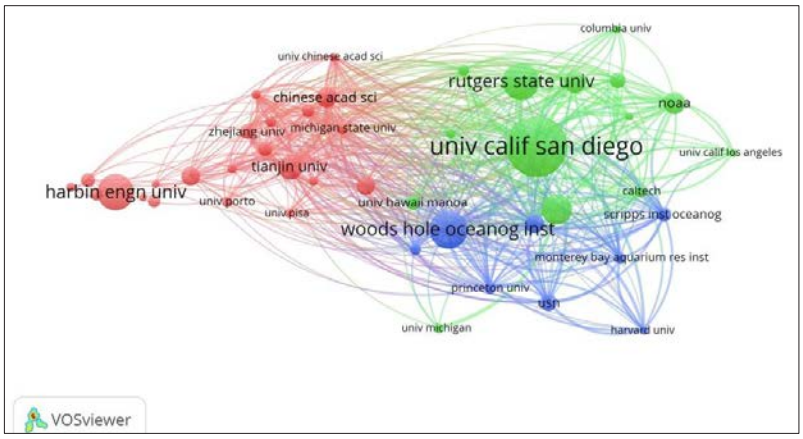


Figura 10: Visualización network de organismos por número de documentos publicados. Información elaborada por el autor

Para concluir, coexiste una fuerte presencia de organismos y autores localizados en Estados Unidos, siguiéndole la República Popular China. Respecto a los autores, destacar la presencia del español Álvarez entre los 10 primeros, autor que empezó su formación en universidades españolas pero que ha desarrollado parte de su trabajo en un organismo de la OTAN.

Análisis del registro de patentes

Para el análisis del registro de patentes se utiliza el buscador de patentes de Cambia[27] (www.lens.org). Este buscador registra en una base de datos todas las patentes que se incorporan a cualquiera de los sistemas de clasificación de patentes más importantes del mundo como la Oficina de Patentes de Europa (EPO), la Oficina Internacional de Patentes (WIPO), la Oficina de Patentes de Estados Unidos (USTO) y la Oficina de Patentes de Australia (IP Australia).

Existen otros buscadores[28] pero este es más amplio y además de ser gratuito, permite realizar muchos estudios. Actualmente incorpora más de 100 millones de patentes.

no haya entrado en este estudio. «Girona Underwater Vision and Robotics». CIRS, [En línea]. Disponible en: www.cirs.udg.edu [Último acceso: 11 05 2018].

[27] «Cambia» es un instituto independiente, sin ánimo de lucro que se dedica al estudio de la producción académica. Lens es una iniciativa conjunta entre Cambia y la Universidad Tecnológica de Queensland.

[28] «Google Patents». Google, [En línea]. Disponible en: patents.google.com [Último acceso: 11 05 2018].

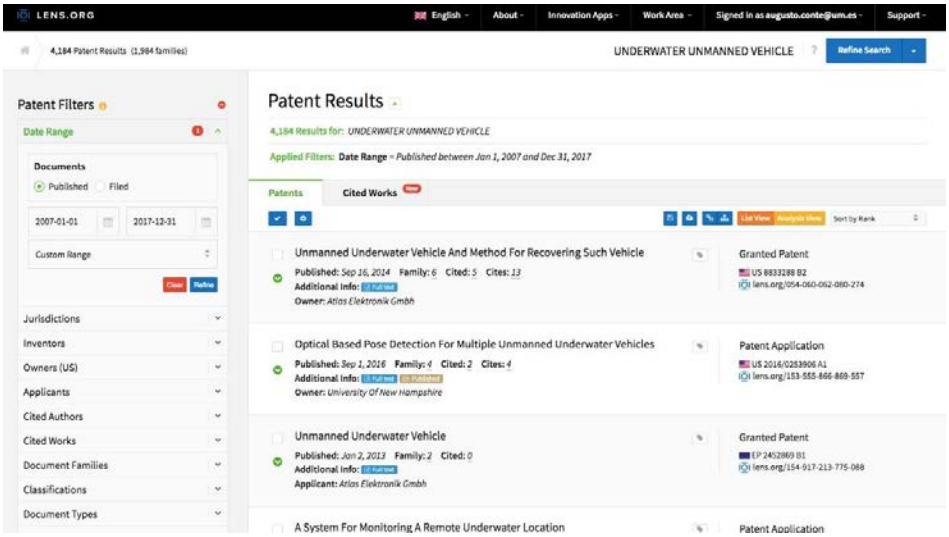


Figura 11: Buscador de patentes de Lens (CAMBIA)

Se realiza una búsqueda de patentes que incluya alguno de los siguientes términos: *UNDERWATER*, *UNMANNED* y *VEHICLE*. Estos términos han sido seleccionados de acuerdo a las palabras claves más utilizadas en WoS, aspecto visto anteriormente. El periodo de la búsqueda es el mismo que el empleado en el análisis de la producción académica.

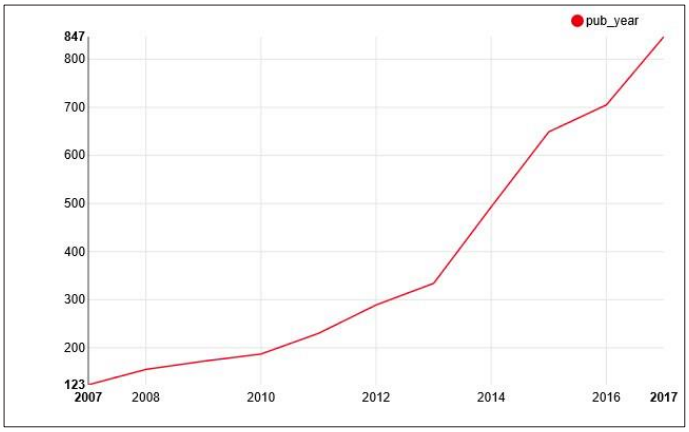


Figura 12: Patentes registradas entre 2007-2017

Se observa un fuerte incremento de registro de patentes en los últimos 10 años, multiplicándose por 8 el número de patentes registradas. La mayor parte de estas patentes están relacionados con la industria de la Defensa o el transporte, donde

destacan multinacionales como Google o Fedex. Entre las diez primeras empresas por número de patentes, aparecen 5 que están dedicadas por entero a la Defensa.

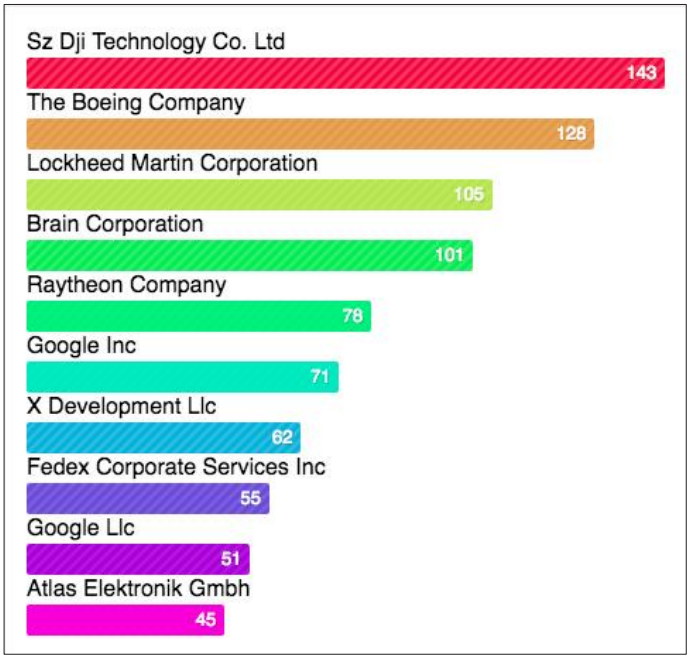


Figura 13: Patentes registradas por compañía entre 2007-2017

El caso de Google con la presencia de cuatro empresas es paradójico, aunque bien es cierto que estas patentes suelen estar referidas a aplicaciones o teorías embrionarias y por supuesto no están orientadas a Defensa, inicialmente.

La única empresa de procedencia asiática se dedica a la fabricación de pequeños drones aéreos (Sz Dji[29]), quedando las norteamericanas Boeing, Lockheed Martin y Raytheon[30], y la alemana Atlas Elektronik GmbH, como las únicas empresas de interés para este estudio.

[29] «DJI Products». DJI, [En línea]. Disponible en: www.dji.com [Último acceso: 11 05 2018].
[30] Boeing, Lockheed Martin y Raytheon son los tres mayores contratistas de armamento del mundo y entre los tres, solo en 2016 consiguieron unos 100.000 millones de dólares en contratos con la Administración del presidente Obama.

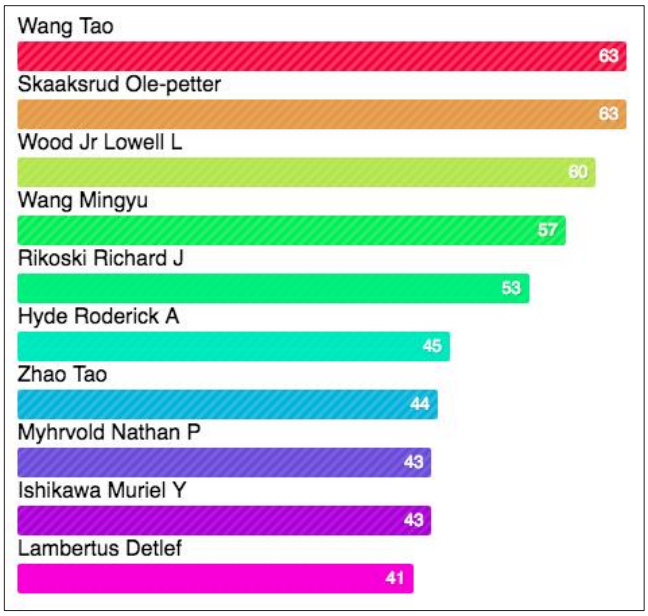


Figura 14: Patentes por inventores entre 2007-2017

Respecto a los inventores que han registrado las patentes, se observa una fuerte presencia de autores asiáticos, aunque muchas patentes derivan de trabajos realizados en universidades occidentales, tal y como se vio en el análisis anterior. España tiene escasa o nula presencia en el registro de patentes.

Figura 15: Patentes registradas en España 2007-2017
Información elaborada por el autor

Situación actual de los UUV

El mercado evoluciona rápidamente y se prevé que haya un aumento de prototipos y soluciones variadas. Estados Unidos y sus empresas, son los principales precursores de los UUV.

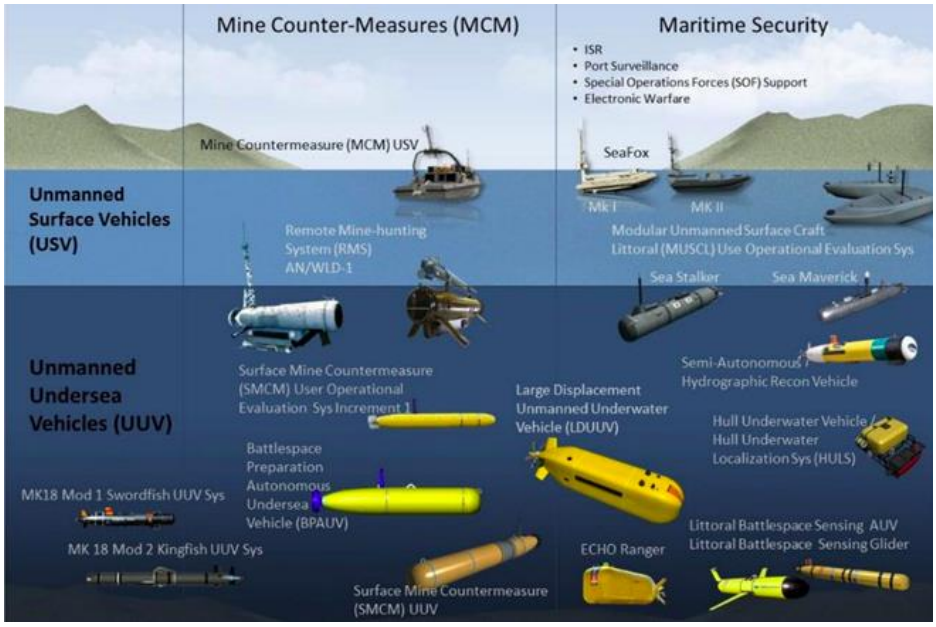
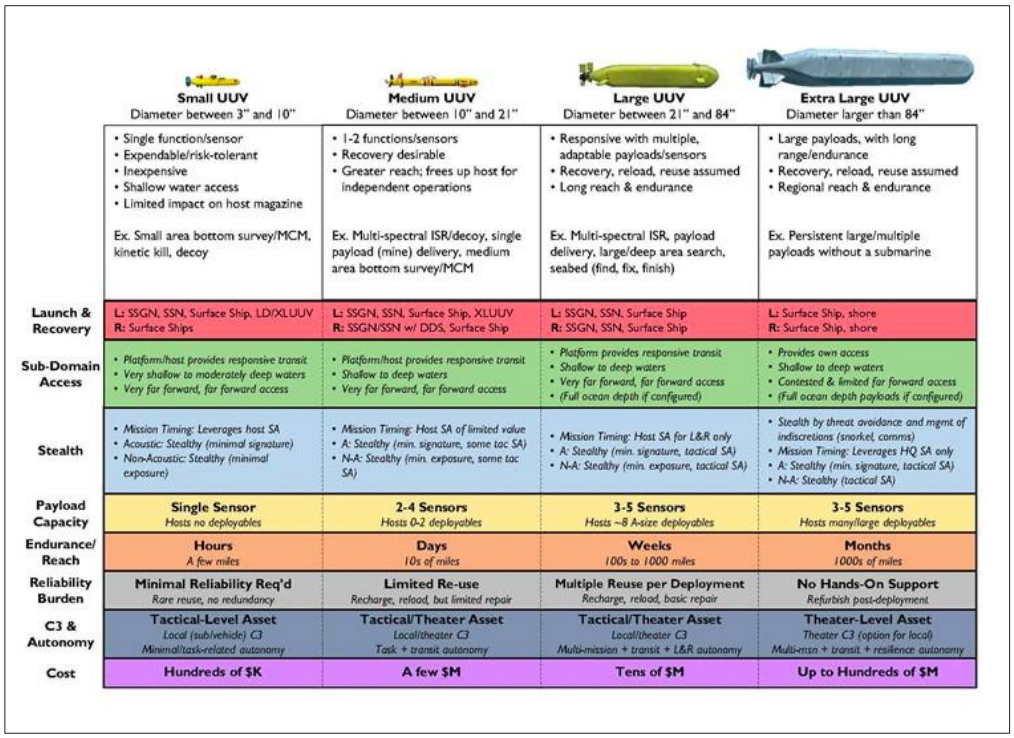


Figura 16: Clasificación de Sistemas Autónomos Marítimos (US Navy)

La US Navy puso en marcha un plan en 2004[31] para incorporar estos vehículos a su lista de unidades. En 2017, se crea el primer escuadrón de estos vehículos[32] con una previsión de gasto en programas relacionados con los UUV de 279 millones[33] de dólares. Los UUV son una realidad en la US Navy, la oficina que se encarga de estos programas es la *US Navy Unmanned Maritime Systems Program Office*[34].

[31] «The Navy Unmanned Undersea Vehicle (UUV) Master Plan». US Navy, [En línea]. Disponible en: www.navy.mil/navydata/technology/uuvmp [Último acceso: 11 05 2018].
[32] «Navy stands up first underwater drone squadron». Navy Times, [En línea]. Disponible en: www.navytimes.com/news/your-navy/2017/10/11/navy-stands-up-first-underwater-drone-squadron [Último acceso: 11 05 2018].
[33] GETTINGER, Dan (2016). «Drone Spending in the Fiscal Year 2017 Defense Budget». Drone Center, [En línea]. Disponible en: dronecenter.bard.edu/files/2016/02/DroneSpendingFy17 [Último acceso: 11 05 2018].
[34] «Navy Racing to Test, Field Unmanned Maritime Vehicles for Future Ships». USNI News, [En línea]. Disponible en: news.usni.org/2017/09/21/navy-racing-test-field-unmanned-maritime-vehicles-future-ships [Último acceso: 11 05 2018].



	Small UUV Diameter between 3" and 10"	Medium UUV Diameter between 10" and 21"	Large UUV Diameter between 21" and 84"	Extra Large UUV Diameter larger than 84"
	• Single function/sensor • Expendable/risk-tolerant • Inexpensive • Shallow water access • Limited impact on host magazine Ex. Small area bottom survey/MCM, kinetic kill, decoy	• 1-2 functions/sensors • Recovery desirable • Greater reach; frees up host for independent operations Ex. Multi-spectral ISR/decoy, single payload (mine) delivery, medium area bottom survey/MCM	• Responsive with multiple, adaptable payloads/sensors • Recovery, reload, reuse assumed • Long reach & endurance Ex. Multi-spectral ISR, payload delivery, large/deep area search, seabed (find, fix, finish)	• Large payloads, with long range/endurance • Recovery, reload, reuse assumed • Regional reach & endurance Ex. Persistent large/multiple payloads without a submarine
Launch & Recovery	**L:** SSGN, SSN, Surface Ship, LD/XLUUV **R:** Surface Ships	**L:** SSGN, SSN, Surface Ship, XLUUV **R:** SSGN/SSN w/ DDS, Surface Ship	**L:** SSGN, SSN, Surface Ship **R:** SSGN, SSN, Surface Ship	**L:** Surface Ship, shore **R:** Surface Ship, shore
Sub-Domain Access	• *Platform/host provides responsive transit* • *Very shallow to moderately deep waters* • *Very far forward, far forward access*	• *Platform/host provides responsive transit* • *Shallow to deep waters* • *Very far forward, far forward access*	• *Platform provides responsive transit* • *Shallow to deep waters* • *Very far forward, far forward access* • *(Full ocean depth if configured)*	• *Provides own access* • *Shallow to deep waters* • *Contested & limited far forward access* • *(Full ocean depth payloads if configured)*
Stealth	• *Mission Timing: Leverages host SA* • *Acoustic: Stealthy (minimal signature)* • *Non-Acoustic: Stealthy (minimal exposure)*	• *Mission Timing: Host SA of limited value* • *A: Stealthy (min. signature, some tac SA)* • *N-A: Stealthy (min. exposure, some tac SA)*	• *Mission Timing: Host SA for L&R only* • *A: Stealthy (min. signature, tactical SA)* • *N-A: Stealthy (min. exposure, tactical SA)*	• *Stealth by threat avoidance and mgmt of indiscretions (snorkel, comms)* • *Mission Timing: Leverages HQ SA only* • *A: Stealthy (min. signature, tactical SA)* • *N-A: Stealthy (tactical SA)*
Payload Capacity	**Single Sensor** *Hosts no deployables*	**2-4 Sensors** *Hosts 0-2 deployables*	**3-5 Sensors** *Hosts ~8 A-size deployables*	**3-5 Sensors** *Hosts many/large deployables*
Endurance/ Reach	**Hours** *A few miles*	**Days** *10s of miles*	**Weeks** *100s to 1000 miles*	**Months** *1000s of miles*
Reliability Burden	**Minimal Reliability Req'd** *Rare reuse, no redundancy*	**Limited Re-use** *Recharge, reload, but limited repair*	**Multiple Reuse per Deployment** *Recharge, reload, basic repair*	**No Hands-On Support** *Refurbish post-deployment*
C3 & Autonomy	**Tactical-Level Asset** *Local (sub/vehicle) C3* *Minimal/task-related autonomy*	**Tactical/Theater Asset** *Local/theater C3* *Task + transit autonomy*	**Tactical/Theater Asset** *Local/theater C3* *Multi-mission + transit + L&R autonomy*	**Theater-Level Asset** *Theater C3 (option for local)* *Multi-msn + transit + resilience autonomy*
Cost	**Hundreds of $K**	**A few $M**	**Tens of $M**	**Up to Hundreds of $M**

Figura 17: Clasificación de los UUV en la OTAN (CJOS/COE)

Las condiciones que encontramos en nuestras aguas, nos obliga a tener un UUV que alcance velocidades superiores a 6 nudos, un modelo *Large* o *Extra Large*. La capacidad de los grandes UUV puede llegar a ser casi la misma que un submarino de la Gran Guerra. Analizando el caso particular del Proteus[35], sistema dual UUV y SDV[36], fabricado por la casa Battelle[37] y Huntington Ingalls Industries en colaboración con el Undersea Solutions Group (USG) de la *US Navy* se halla un vehículo con capacidad para transportar buceadores, realizar trabajos debajo del agua y llevar todo tipo de carga.

El Proteus con 7,8 metros de eslora y un diámetro de 1,6 metros y un volumen de carga de 4,81 m^3. Propulsado por pilas de litio, su autonomía es similar a la de los viejos sumergibles de la Gran Guerra, 30 días y 5.000 millas, mejorando el tiempo que puede operar debajo del agua, 720 horas (siempre que no sea con los buceadores[38]).

[35] El PROTEUS fue exhibido durante la «Navy League's Sea-Air-Space Exposition 2016» celebrada en los Estados Unidos.
[36] Puede operar en dos modos: vehículo submarino para buceadores tripulado (SDV) y vehículo submarino no tripulado y autónomo (UUV).
[37] Bluefin Robotics es una empresa subsidiaria de Battelle perteneciente a la División de Ingeniería del Grupo Columbia (ahora denominado Undersea Solutions Group).
[38] Para el modo SDV, vehículo de buceadores, cuenta con 10 tomas de aire que dan una autonomía de

La profundidad máxima, conocida, es de unos 200 pies (66 metros) y, la capacidad de carga es de unos 600 kilogramos consiguiendo una velocidad máxima de 9 nudos.

Figura 18: Modelo UUV Proteus (Naval-technology)

Respecto a sensores, cuenta con dos mástiles y cuatro cámaras. Emplea las bandas de VHF, Iridium y FreeWave para operar en superficie y un modem acústico de la casa Benthos para la comunicación submarina. El sensor acústico principal es un sónar multibanda de 300 kHz que se utiliza para la detección de obstáculos.

Otro vehículo muy interesante es el Echo Voyager[39] de la casa Boeing. Se trata de otro *Extra Large* UUV, con una autonomía y carga útil parecida al Proteus. Varía su profundidad máxima, 3.000 metros y en este caso no cuenta con posibilidad de llevar a buceadores.

10 horas. La profundidad en este caso se reduce a 150 pies (30 metros).

[39] «ECHO VOYAGER». Boeing, [En línea]. Disponible en: www.boeing.com/defense/autonomous-systems/echo-voyager//echo_voyager_product_sheet.pdf [Último acceso: 18 05 2018].

Figura 19: Echo Voyager de la casa Boeing (Internet)

La OTAN[40] tiene en marcha un programa denominado MUS (acrónimo de *Maritime Unmanned Systems*) dirigido desde el CMRE que se encarga del estudio de las posibles soluciones a un futuro sistema conjunto. Los estudios del CMRE están enfocados, sobre todo, a la guerra de minas y cuenta con diferentes vehículos para probar sus proyectos.

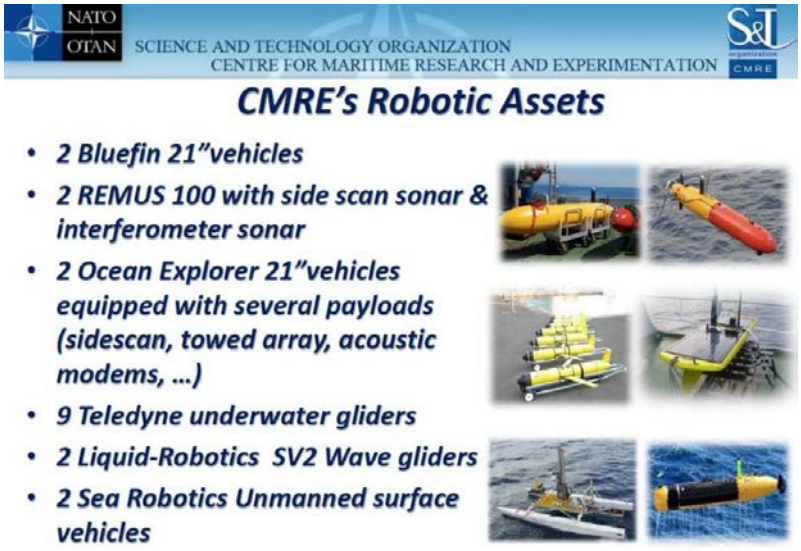


Figura 20: UUV del Centro de Excelencia CMRE (Kevin LePage, MAROPS 2017)

[40] Información facilitada por el TN. Pablo Ramírez Muñiz, representante español del Sindicato ASW en el último Maritime Operations Working Group (MAROPS WG) celebrado en 2018.

En la Federación Rusa, encontramos diferentes UUV, alguno incluso, con capacidad de portar una cabeza nuclear como es el caso de Status-6[41], conocido en la OTAN como *Kanyon*. Este vehículo del que se conoce muy poco, puede ser lanzado desde diferentes submarinos balísticos, por ejemplo la clase Oscar.

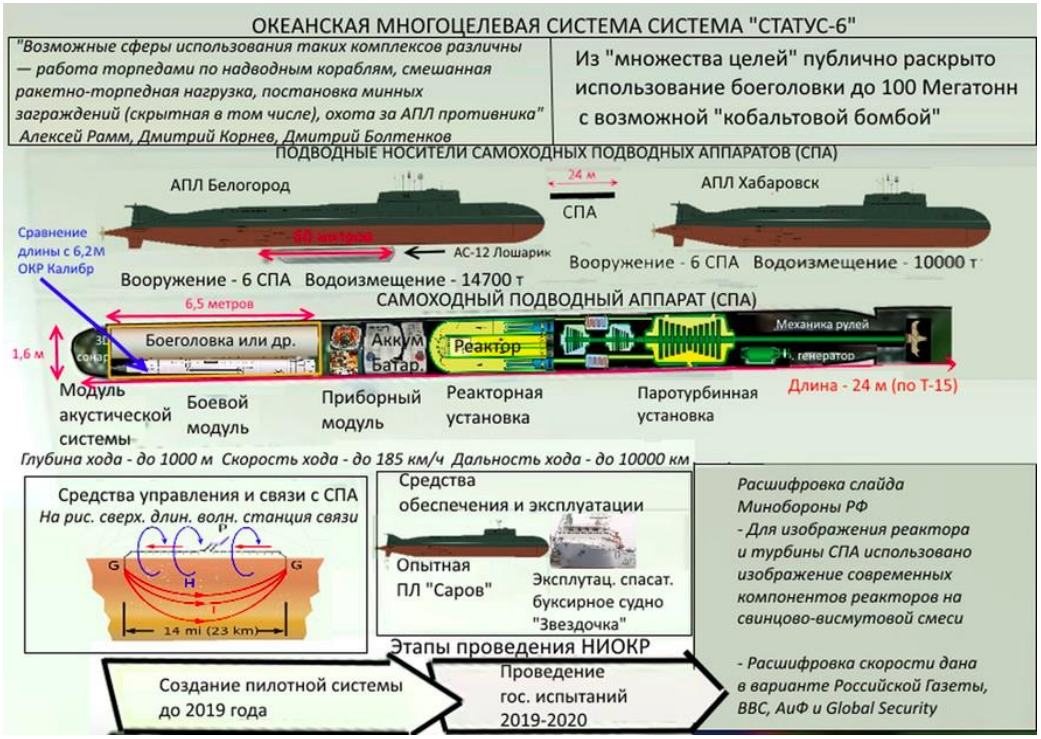


Figura 21: UUV 'Kanyon' con capacidad de almacenar una ojiva nuclear.
Fuente: *Defense news*.

El *Kanyon* puede alcanzar una profundidad máxima de 1.000 metros, una velocidad máxima de 56 nudos y un alcance de 5.000 millas náuticas. Aunque se encuentra catalogado como UUV, más bien parece un torpedo.

Conclusiones

La miniaturización de la electrónica ha permitido hacer realidad el sueño de los vehículos submarinos autónomos. Los drones aéreos[42] se han convertido en una

[41] «Ocean Multipurpose System Status-6». Huffington Post, [En línea]. Disponible en: www.huffingtonpost.com [Último acceso: 18 05 2018].
[42] «Los Sistemas no Tripulados, Documentos de Seguridad y Defensa». MdD, [En línea]. Disponible en: www.defensa.gob.es [Último acceso: 01 03 2016].

necesidad en conflictos como los de Afganistán e Irak[43]. Vemos que los vehículos inteligentes son una realidad y lo serán más en el mundo submarino, muchos países están invirtiendo en el desarrollo de estos sistemas.

Los UUV son cruciales para las operaciones navales, podrán proporcionar una gran ventaja táctica y estratégica. Serán capaces de operar de manera autónoma y coordinada con la mínima intervención de un operador, alcanzando profundidades nunca imaginadas. Las posibilidades que se abren son inmensas: exploración de los fondos marinos, minería, ingeniería y la industria del petróleo. Esto hace que se incremente de forma exponencial el interés por desarrollar estudios y patentes relacionados con los UUV.

La Informetría permite hacer una evaluación rápida de qué artículos son los más interesantes[44] y ayuda a dar una visión clara de las tendencias en el mundo de la ciencia. Se observa que existe un estrecho vínculo entre patentes y artículos, detectándose un incremento de interés de las grandes empresas de la defensa y comunicaciones en este tipo de vehículos.

Se espera que el mercado esté dominado por Estados Unidos, seguido de Asia-Pacífico y Europa. El crecimiento en la región de Asia-Pacífico se verá impulsado, principalmente, por la necesidad de contrarrestar la creciente amenaza de China. Los conflictos marítimos que mantiene China con sus vecinos, adelantan un incremento de patentes relacionadas con la tecnología naval[45].

La ventaja de utilizar drones submarinos son muchas, su bajo coste, versatilidad y la ausencia de riesgo a perder vidas humanas hacen que sean un recurso muy valorado en las labores submarinas, limpieza de minas e incluso como arma antisubmarina, donde los riesgos a tener accidentes son muy elevados.

La ventaja submarina que tiene la OTAN está desapareciendo, nos encontramos ante una Rusia cada vez más desafiante, una China en ascenso y con una creciente flota de submarinos convencionales[46], sin olvidarnos de Irán y Corea del Norte[47] que han

---

[43] JORDÁN ENAMORADO, J. La campaña de ataques con drones en Yemen. Revista del Instituto Español de Estudios Estratégicos, // 2013, (1), 37-59.

[44] HOOD, W.W. y WILSON, C.S. The literature of bibliometric, scientometrics and informetrics. Scientometrics, 2001, 52(2), 291-314.

[45] BURGERS, T. J. An Unmanned South China Sea? Understanding the Risks and Implications of the Arrival of the Digital and Robotic Revolution in Military Affairs in the SCS. In E. FELS AND T.-M. VU eds. *Power Politics in Asia's Contested Waters: Territorial Disputes in the South China Sea.* Cham: Springer International Publishing, 2016, p. 77-94.

[46] BATEMAN, S. Perils of the Deep: The Dangers of Submarine Proliferation in the Seas of East Asia.

demostrado las ventajas de uso de pequeños submarinos en sus aguas litorales[48]. Al mismo tiempo, los avances tecnológicos, impulsados por la inteligencia artificial, el aprendizaje automático y la minería de datos, están potenciando el surgimiento de armas robotizadas.

Las grandes potencias están incorporando los UUV a sus listas de buques, todavía es pronto para que sean plenamente operativos, pero en un futuro próximo los veremos surcar nuestras aguas. La industria nacional queda lejos de las grandes multinacionales norteamericanas, existen muchas dificultades y por eso es importante que se potencien las investigaciones que ayuden a incrementar el número de patentes relacionadas con estos sistemas.

*Augusto Conte de los Ríos**
Capitán de fragata de la Armada española (S)
Máster en paz, seguridad y defensa (IUGM)

Asian Security, 2011/02/28 2011, 7(1), 61-84.

[47] NALWA, P. «Cheonan» Epilogue: Prelude to the Sino-US Incompatibility on the South China Sea Dispute. Strategic Analysis, 2011/02/08 2011, 35(2), 221-236.

[48] «How South Korean ship was sunk». BBC, [En línea]. Disponible en: www.bbc.com/news/10130909 [Último acceso: 01 03 2016].