



Empleo de vehículos operados de forma remota (ROV) en la caracterización del factor espacio para la planificación de las operaciones navales

*Use of remotely operated vehicles (ROVs) in characterizing the space factor for naval
operations planning*

Autor:

Cesar Israel Mendoza Moyón¹



0000-0002-4882-3669

¹ Armada del Ecuador, Guayaquil, Ecuador.

cmendozam@armada.mil.ec

Recepción: 17 de noviembre de 2025

Aceptación: 18 de noviembre de 2025

Publicación: 05 de diciembre de 2025

Citación/como citar este artículo: Mendoza, C. (2025). Empleo de vehículos operados de forma remota (ROV) en la caracterización del factor espacio para la planificación de las operaciones navales. Ideas y Voces, 5(3), Pág. 374-394.

Resumen

El ensayo analiza cómo el empleo de vehículos operados remotamente (ROV) puede fortalecer las capacidades antisubmarinas de la Armada del Ecuador mediante la caracterización del factor espacio submarino y la integración de datos en el cuadro táctico. A partir de una revisión técnica y doctrinaria, se evidencia que los ROV, concebidos inicialmente para investigación científica, poseen potencial militar por su precisión y adaptabilidad a entornos complejos. Equipados con sonar multihaz, cámaras y sensores ambientales, permiten obtener información oceánica en tiempo real y apoyar la preparación del ambiente operacional. Su uso complementa los sonares de casco en zonas acústicamente restrictivas, como el Golfo de Guayaquil, mejorando la localización y clasificación de contactos submarinos. Además, al integrarse en redes junto a otros medios y sensores ASW, que amplían la cobertura y reducen el riesgo para las unidades de la fuerza principal. Finalmente, se concluye que su implementación se alinea con los planes estratégicos de defensa y modernización institucional, al ofrecer una herramienta dual de vigilancia, investigación científica y proyección tecnológica en la guerra antisubmarina.

Palabras clave: Vehículo Operado Remotamente (ROV), Guerra Antisubmarina (ASW), Factor Espacio Submarino, Vigilancia Marítima, Modernización de la Defensa.

Abstract

The essay examines how the use of Remotely Operated Vehicles (ROVs) can strengthen the anti-submarine warfare (ASW) capabilities of the Ecuadorian Navy through the characterization of the underwater spatial factor and the integration of data into the tactical picture. Based on a technical and doctrinal review, it demonstrates that ROVs—initially developed for scientific research—possess significant military potential due to their precision and adaptability to complex environments. Equipped with multibeam sonar, cameras, and environmental sensors, they enable real-time oceanographic data collection and support the preparation of the operational environment. Their use complements hull-mounted sonars in acoustically restrictive areas such as the Gulf of Guayaquil, improving the localization and classification of submarine contacts. Furthermore, when integrated into networks alongside other ASW platforms and sensors, they expand surveillance coverage and reduce risk to the main surface force. Ultimately, their implementation aligns with the strategic defense and modernization plans, providing a dual-use tool for maritime surveillance, scientific research, and technological advancement in anti-submarine operations.

Keywords: Remotely Operated Vehicle (ROV), Anti-Submarine Warfare (ASW), Underwater Spatial Factor, Maritime Surveillance, Defense Modernization.

Introducción

La historia expone cómo los avances tecnológicos permiten mejorar las capacidades de medios empleados para la defensa. Los vehículos no tripulados están demostrando su efectividad respecto a la relación costo-eficiencia en ambientes de alto riesgo, como el conflicto Rusia-Ucrania o en medio oriente entre Israel y facciones insurgentes árabes (Piancastelli et al., 2025). Por lo tanto, la implementación de estos vehículos, lejos de ser innovadora resulta necesaria y alineada a los preceptos de austeridad en gasto y el desarrollo de capacidades de vigilancia empleables en tiempos de paz y de conflicto (EC Comando Conjunto de FF.AA., 2020).

En la Armada, existen vehículos operados remotamente (ROV) que se usan principalmente para investigación científica en zonas polares como la Antártida. Limitar su empleo solamente para estos fines impide aprovechar su potencial en operaciones navales, especialmente en la vigilancia submarina y la detección de medios submarinos enemigos.

También, condiciona la capacidad de la institución de integrar nuevas tecnologías que podrían fortalecer la obtención de información táctica en contextos marítimos complejos y de alto riesgo, derivando en la interrogante ¿Cómo puede el empleo de vehículos operados remotamente (ROV) fortalecer las capacidades de la Armada del Ecuador en la guerra antisubmarina, particularmente en la determinación del espacio operativo y la construcción del cuadro táctico submarino?

Para resolver esta inquietud, se ha empleado una metodología deductiva que parte de las generalidades del empleo de los ROV en materia de investigación, hasta las particularidades de sus posibles aplicaciones en guerra antisubmarina y recopilación de información de fuentes primarias de ensayos con ROV en el INOCAR y secundarias de análisis de los resultados y contraste con otros documentos disponibles en fuentes abiertas.

Este ensayo tiene como tesis que el empleo de ROVs por parte de la Armada del Ecuador permite fortalecer las capacidades en guerra antisubmarina al contribuir, por un lado, a la

determinación precisa del factor espacio en entornos submarinos complejos, y por otro, a la integración de información táctica útil para conformar el cuadro de situación submarina en escenarios tanto convencionales como no convencionales, sustentado en tres argumentos; el primero, el uso efectivo del ROV en misiones científicas para recopilar información precisa del fondo marino; segundo, las características del ROV lo convierten en un recurso apto para ser empleado en la compilación de blancos submarinos; y tercero, que es posible interoperar los ROV con otros sensores acústicos, sistemas de detección y análisis ASW para consolidar el cuadro táctico submarino.

El uso efectivo del ROV en misiones científicas para recopilar información precisa del fondo marino.

Los vehículos no tripulados surgen como respuesta a un problema militar y que posteriormente tuvo aplicaciones en investigación científica. A finales de la II Guerra Mundial y durante la Guerra Fría, los Estados Unidos plantearon varios sistemas de vigilancia subacuática, en respuesta al aumento de submarinos de la Unión Soviética, quienes basados en el pensamiento estratégico de almirante Serguéi Gorshkov, conformaron una poderosa flota para desafiar la hegemonía marítima occidental (Uribe Cáceres, 2016).

Los modelos más destacados fueron el Sistema de Vigilancia Sonora Fijo (SOSUS), que se basó en una red de hidrófonos submarinos instalados en puntos de confluencia para proporcionar vigilancia pasiva; y también, el Sistema Móvil de Sensores de Vigilancia Remolcados (SURTASS) que comprendía arreglos de sensores remolcados por buques especializados, para un rastreo flexible en áreas de interés (Agarwala, 2022).

Los resultados del desarrollo en este campo se mantuvieron como información secreta hasta mediados de la década de los 90 y al ser desclasificados sirvieron como base para el desarrollo de prototipos de vehículos submarinos no tripulados (UUV) con fines científicos. Las primeras aplicaciones se enfocaron en estudiar datos del fondo marino, variaciones durante catástrofes

naturales, rastreo de especies migratorias, detección de pesca ilegal con redes de deriva, etc. (Manley, 2016). Así, el progreso tecnológico en medios de exploración submarina se originó en necesidades militares, pero su evolución derivó en una proliferación de usos científicos con un impacto relevante en la caracterización del espacio subacuático. Luego, es preciso establecer diferencias en cuanto a categorías de UUV y compararlas.

El empleo puntual de un ROV en comparación a un UUV autónomo permite acotar su empleo e introducir el concepto de exploración submarina remota. Un UUV está diseñado para operar de forma autónoma bajo parámetros preestablecidos o controlada, como es el caso de los ROV, que son vehículos anclados a un suministro de energía o comunicación desde una plataforma de superficie y que dependen de un operador remoto (Blidberg, 2001). Actualmente se han superado limitantes para la construcción de estos vehículos, debido a la facilidad de adquirir e integrar sus componentes básicos como sensores, estructura con materiales resistentes a la salinidad y presión, sistemas de propulsión, bancos de batería de alta duración, sistemas de control y enlace, etc. (Emon & Sharif Ahad, 2024).

Los ROV empleados en investigación científica integran varios tipos de sensores, primero los acústicos, como sonares multihaz de barrido y frontales para mapear y navegar en entornos complejos, cámaras de alta resolución con iluminación y láseres para captar información visual, sensores ambientales Conductivity, Temperature, Depth (CTD) y equipos de navegación Doppler Velocity Log y Ultra-Short Baseline (DVL y USBL) que ayudan a mejorar la precisión en la ruta de navegación (Benson et al., 2025). Esta combinación instrumental los convierte en herramientas idóneas para extrapolar usos científicos hacia aplicaciones navales. Por otro lado, este potencial hace posible emplearlos para la caracterización del factor espacio durante la preparación del ambiente operacional.

Los UUV del tipo ROV han tenido su validación científica al ser empleados en entornos extremos. La doctrina de preparación de inteligencia del ambiente operacional establece la

consideración y combinación de condiciones, circunstancias e influencias que afectan el empleo de las capacidades navales propias y por ende la toma de decisiones; eso incluye, las características geográficas y oceanográficas como la profundidad, corrientes, mareas, tipo de lecho, etc. (US Joint Chiefs of Staff, 2014). Los sensores instalados en un ROV le brindan la capacidad de distinguir tipos de fondos marino, condiciones de salinidad, presión y temperatura, facilitando la comprensión y caracterización de áreas submarinas de forma dinámica (DOE Project, 2023).

Durante la ejecución de la misión científica en la estación antártica Pedro Vicente Maldonado, del verano austral 2024-2025, se empleó un ROV compacto en aguas antárticas frente a la isla Greenwich. Las misiones cumplidas por este medio permitieron constatar que los ROV son ideales para trabajar en condiciones adversas, en entornos en los cuales el acceso humano es de alto riesgo, minimizando la carga logística y brindando respuestas rápidas ante posibles fallos en equipos (Garzón, 2025).

Para el presente estudio, luego de contrastar la información relacionada a UUV y ROV, se puede afirmar que este último ofrece precisión puntual y control directo en un área determinada y limitada; en cambio, un UUV puede extender su autonomía y alcance en misiones de exploración y vigilancia a gran escala, pero requiere un nivel más elevado de control, enlace y soporte logístico (Bae & Hong, 2023).

En resumen, el proceso fundamental para incluir vehículos no tripulados submarinos dentro de las operaciones navales debe ser por medio de ROV y migrar progresivamente hacia UUV autónomos. Asimismo, es preciso entender que los ROV pueden ser útiles para recabar información que permita compilar el cuadro táctico en guerra antisubmarina.

Las características del ROV lo convierten en un recurso adicional para ser empleado en la compilación de blancos submarinos.

Varias marinas del mundo emplean ROV con para mejorar la eficiencia en operaciones submarinas. Actualmente, los vehículos subacuáticos se usan ampliamente en vigilancia naval, ya que la tecnología ha permitido mejorar sensores como sonares y cámaras, para obtener mejores información del fondo marino (Patel, 2025).

Los ROV pueden ser configurados con paquetes de sensores diseñados para entornos complejos, desmontables e integrables en escala, como el CURV-21 de la US Navy que cuenta con sonares de barrido frontal o 360°, cámaras de alta resolución y brazos manipuladores (Terrill et al., 2024). El ROV chino Sea Dragon puede incluir sistemas acústicos avanzados e instrumentos para ejecutar contramedidas de minas o rescate (Gao et al., 2024). La armada sueca utiliza el ROV Double Eagle SAROV en modo UUV para detección, clasificación e identificación de contactos submarinos, y puede convertirse en un ROV para desactivar minas, adicionalmente cuentan con el modelo AUV62-AT para el entrenamiento de su fuerza organizada y submarinos mediante la simulación de objetivos acústicos, como torpedos, submarinos o firma acústica de buques (Haeggman & Spaak, 2025).

Esta realidad confirma una tendencia común, los ROV militares son concebidos como complementos directos de los sensores a bordo de las unidades, como sonares de casco o remolcados, y sus aplicaciones pueden ser ampliamente diversificadas acorde a la misión e incluso con fines de entrenamiento. Aparte, el equipamiento de cargas útiles en los ROV pueden incluir sensores para medir las condiciones de mar y su influencia en la propagación del sonido.

Los ROV pueden contar con módulos para medir y determinar las condiciones de propagación del sonido y realizar el cálculo de eficiencia de sonares de unidades de superficie. Las condiciones ambientales del mar influyen directamente en la propagación del sonido, lo que a su vez sirve para calcular el alcance predictivo del sonar o Predicted Sonar Range (PSR), considerando las condiciones ambientales de batitermia y propagación acústica, lo que resulta

en la determinación de las condiciones de la capa de mezcla y de la termoclina y determinar un rango de profundidad donde se prevé una alta tasa de éxito para detectar un blanco submarino enemigo (ARE CODESC, 2012).

En cuanto a las condiciones meteorológicas y oceanográficas, en la región se observan temperaturas superficiales estables entre los 17°C a 24°C con descensos hasta los 18°C y 20°C (Menacho Piérola et al., 2020); sin embargo, las variaciones climáticas de los recientes años producto del calentamiento global, afectan estas condiciones e inciden directamente en los parámetros de cálculo del PSR; convirtiéndose en una razón más para considerar un ROV, ya que su carga útil puede incluir varios módulos de medición de las condiciones de temperatura del agua, derivar la profundidad por medio de sensores de presión y analizar la salinidad a diferentes profundidades, e incluso por medio de asistencia de algoritmos de programación o IA, integrar esta información y presentar resultados en tiempo real (Allard & Shahbazian, 2014).

Entonces, un ROV no solo se limita a la exploración subacuática, sino también pueden ser usado como un laboratorio portátil que analiza en tiempo real condiciones de propagación de sonido, siendo de vital ayuda en las operaciones submarinas. El siguiente paso es explicar cómo se coordina su empleo con los sonares de casco actuales en la Armada.

El ROV no reemplaza a los sonares en las unidades de superficie pero si lo complementa. En el corredor marítimo que se extiende desde el Golfo de Guayaquil hasta el área de La Libertad, las condiciones oceanográficas influyen directamente en el desempeño acústico de los sonares. Los estudios de bativelocigrafía en La Libertad evidencian una capa de mezcla promedio de entre 13 y 22 m según la estación, con gradientes de temperatura y salinidad que generan variaciones en la velocidad del sonido de hasta $\pm 1,7$ m/s (Coba, 2016). En términos prácticos, esto reduce el alcance de un sonar en aguas someras hasta en un 40–60 % respecto a escenarios

ideales, como se observa en las predicciones de alcance que en 14 m de profundidad apenas alcanzan entre 20 y 40 yardas para contactos de superficie.

Bajo estas condiciones, el sonar de domo de las corbetas clase Esmeraldas conserva su función como sensor primario de detección, aunque presenta limitaciones en aguas con mucho eco por los rebotes del sonido en el fondo o superficie y con ruido de fondo generado por el tráfico marítimo. El empleo de un ROV equipado con Forward-Looking Sonar (Sonar de visión frontal que emite pulsos acústicos hacia adelante del vehículo ROV, submarino o buque y construye una “imagen” en tiempo real de lo que hay en su trayectoria) de baja frecuencia (100–200 kHz) , permitiría readquirir contactos en un rango de 80–800 m, complementando la búsqueda inicial; mientras que a corta distancia, el multibeam (Multibeam Sonar es un sistema acústico que emite muchos haces de sonido en abanico hacia el fondo marino y mide el tiempo que tardan en regresar creando una imagen en 3D del fondo) y las cámaras de alta resolución asegurarían una clasificación positiva (Agarwala, 2022). El binomio sonar de casco–ROV se ajusta a la realidad acústica local, aumentando la conciencia situacional en una zona limitada, desde el Golfo de Guayaquil hasta Libertad, incluso con presencia de ruido, variabilidad térmica estacional o eco.

En definitiva, estas características vuelven a un ROV en un recurso apto para confirmar, verificar o descartar contactos submarinos detectados previamente por sensores pasivos o activos, reforzando la precisión en la localización de amenazas en escenarios convencionales y no convencionales. Además es posible incrementar estas prestaciones integrando ROV con otros sensores y medios no tripulados de superficie o aéreos.

Es posible interoperar los ROV con otros sensores acústicos, sistemas de detección y análisis ASW para consolidar el cuadro táctico submarino.

El empleo de vehículos operados remotamente alcanza su máximo valor cuando se integran en arquitecturas cooperativas con otros medios y sensores. La rivalidad entre Estados Unidos y

China convierte al Pacífico en un escenario geoestratégico sensible, impulsando el desarrollo de capacidades cooperativas y tecnológicas avanzadas (Battaleme, 2015). En este sentido, los UUV pasan de ser herramientas individuales a considerarse como componentes clave dentro de sistemas distribuidos de sensores y plataformas cooperativas (Tucker, 2024). Aunque los buques de guerra siguen siendo esenciales para el control del mar, enfrentan crecientes amenazas multidominio debido al avance tecnológico, lo que exige la integración de plataformas tecnológicamente avanzadas que refuercen las capacidades tradicionales ante amenazas multidominio.

El Dr. Jeffrey Ellen, investigador científico del “NIWC Pacific” (Naval Information Warfare Center Pacific - Centro de Guerra de Información Naval del Pacífico), destacó el éxito del programa de ingesta y procesamiento de datos oceánicos de siguiente generación (Next Generation Ocean Data Ingestion) (NGODI), financiado por la Office of Naval Research (ONR, Code 322) durante los años fiscales 2023–2025. Este programa desarrolla algoritmos de aprendizaje automático y comparación con bases de datos en tiempo real para implementar una red rentable y escalable de sensores adaptativos, capaces de recopilar datos críticos para aplicaciones en meteorología, inteligencia, vigilancia y reconocimiento (ISR). Su eficacia ha sido validada en cinco ejercicios recientes, incluyendo operaciones con la Task Force 59 de la Quinta Flota y el Cuerpo de Marines de los Estados Unidos (US Navy, 2025).

En conjunto, estos resultados confirman la eficacia de integrar sensores autónomos en redes cooperativas para mejorar la detección submarina, como el caso del ROV, que sería un nodo móvil esencial, capaz de enlazar la observación acústica y visual con los sistemas de vigilancia de mayor alcance. A continuación, un ROV puede ser el punto de enlace de una red multiestática.

La interoperabilidad de los ROV con otros sensores acústicos, sistemas de detección y análisis ASW permite consolidar el cuadro táctico submarino. La configuración de redes colaborativas

de información tiene varias consideraciones en función de las características de los sensores integrados. El multiestatismo se define como la capacidad de detectar y mantener contacto con un submarino en modo pasivo utilizando la información transmitida por otro sonar que opera en modo activo. Este principio permite que diversos sensores, como sonares de casco, sonoboyas, ROV, UUV, UAV, sensores de helos, actúen de forma complementaria y converjan en un cuadro táctico submarino unificado (Guzmán Montesinos, 2018).

En un sistema multiestático, el ROV puede funcionar como sensor activo, emitiendo señales acústicas que otros receptores pasivos como sonoboyas distribuidas captan y procesan (Freyrie, 2023), lo que eleva la probabilidad de detección sin que el submarino pueda discriminar de forma clara a los posibles blancos (Bae & Hong, 2023). Si se equipa un ROV con un sonar frontal y multihaz los pulsos acústicos generados ampliarían la interpretación de datos y permitirían una adecuada superposición de bandas y conectividad de datos entre varios sensores (Baker, 2025). Otra opción sería, que tras la detección inicial por sonoboyas, el ROV puede ser desplegado para una inspección precisa, utilizando sonar y cámaras de alta resolución para identificar el contacto.

En tal virtud, este modo de empleo optimiza los medios disponibles, combina la amplia cobertura con sensores accesibles, como las sonoboyas, con la capacidad del ROV para tareas de verificación cercana y detallada. Finalmente, este tipo de iniciativas se encuentran enmarcadas en los lineamientos de planificación estratégica de Fuerzas Armadas.

La implementación de sistemas como el ROV se alinea con los objetivos estratégicos institucionales. El plan de gestión institucional “Bicentenario” de la Armada (ARE COGMAR, 2021), el Plan Estratégico Institucional de las Fuerzas Armadas (EC Comando Conjunto de FF.AA., 2021), y el Plan Estratégico de Largo Plazo de la Defensa 2023–2045 (EC MIDENA, 2024), priorizan el desarrollo de capacidades duales para la defensa, la vigilancia del territorio nacional y la investigación científica.

Los ROV, acorde a todo lo explicado, fortalecen la seguridad en los espacios acuáticos, al poder ser desplegados desde unidades de superficie y mantener enlace o control remoto desde centros de mando a distancia (Molchan, 2005). También permiten la exploración sigilosa en áreas sensibles sin exponer al personal y al material al riesgo directamente (Martin et al., 2019), lo que está en perfecta sintonía con los lineamientos para el empleo eficiente de medios como objetivo institucional.

Finalmente, también pueden optimizar la obtención de información oceanográfica contribuyendo a la caracterización del factor espacio del entorno como herramienta tecnológica y de defensa moderna y de proyección al futuro.

A pesar de las capacidades técnicas comprobadas de los ROV en exploración submarina, su aplicación en entornos de guerra antisubmarina plantea importantes limitaciones. Su operación depende de condiciones oceanográficas favorables y anchos de banda seguros para el enlace de datos, lo cual puede ser fácilmente interferido en escenarios de conflicto (Bae & Hong, 2023). Además, su alcance es limitado y restringido, dependiendo de la operación remota con juicio humano, lo que limita su autonomía y delata la ubicación de las unidades de superficie que los controlas, o en peores escenarios su velocidad limitada compromete la seguridad de su nodriza (Patel, 2025).

Por ello, algunos analistas consideran que los ROV no constituyen una plataforma efectiva para integrar el cuadro táctico submarino en tiempo real, particularmente frente a amenazas maniobrables y silenciosas como los submarinos, por lo cual se opta por emplear vehículos submarinos autónomos (AUV), equipados con tecnología de detección de alta calidad, capaces de pilotarse o programarse para escanear de forma independiente un área objetivo y actuar en función de la información recopilada (GDT, 2024).

No obstante, sin desconocer estas limitaciones, el valor del ROV como medio de vigilancia submarina radica precisamente en su rol complementario, no sustitutivo. El concepto de

empleo de un ROV es justamente actuar bajo control total de un operador, debido a las dificultades que representa la transmisión de datos entre la unidad controladora y el ROV. En la doctrina naval del Ecuador, se puede conformar una SAU (Search Attack Unit Unidad de Búsqueda y ataque por sus siglas en ingles) con buques y helicópteros, permitiendo estos últimos ejecuten procedimientos con reacción rápida (ARE CODESC, 2012).

También es posible conformar una fuerza secundaria que opere los ROV, desde unidades navales, actuando dentro de un dispositivo de engaño y alejada de la fuerza organizada superficie principal, esta fuerza secundaria puede estar constituida por lanchas misileras e incluso guardacostas (ARE AGUENA, 2004), Desde estas unidades se mantiene un enlace permanente con la fuerza principal, lo que permite coordinar ataques y operaciones de vigilancia sin exponer a los buques capitales al alto riesgo de ser atacados por un submarino enemigo.

Por otro lado al integrarse con sensores de mayor alcance como sonoboyas, sonares variables y plataformas aéreas UAV o ASW el ROV actúa como medio persistente para verificar, identificar o descartar contactos en zonas críticas (Guzmán Montesinos, 2018). Su capacidad de operar con bajo perfil acústico y en zonas de difícil acceso lo convierte en una herramienta clave para completar la compilación del cuadro táctico submarino, especialmente en espacios litorales o insulares (Patel, 2025).

De esta forma, el empleo del ROV no sustituye a los medios tradicionales, sino que fortalece la vigilancia y la conciencia del entorno submarino en operaciones navales, tanto convencionales como no convencionales, minimizando el riesgo y ampliando las capacidades en un medio tan complejo como el entorno subacuático.

Metodología

El estudio se fundamentó en un enfoque cualitativo deductivo, procediendo desde las premisas generales del empleo de Vehículos Operados Remotamente (ROV) en ambientes no militares hacia su aplicación específica en la Guerra Antisubmarina (ASW) de la Armada del Ecuador. Este diseño se centró en la Revisión y Análisis Documental para construir una base conceptual sólida y contrastar las capacidades tecnológicas existentes con las necesidades operacionales.

La recopilación de datos se estructuró en dos vertientes:

1. Fuentes Primarias

Se integró el análisis cualitativo de los resultados y hallazgos obtenidos de los ensayos operacionales con ROV llevados a cabo por el INOCAR (Instituto Oceanográfico y Antártico de la Armada), incluyendo la validación de su desempeño en condiciones extremas, como las observadas durante la misión antártica 2024-2025.

2. Fuentes Secundarias

Se realizó un exhaustivo análisis de documentos de fuente abierta, que incluyen literatura académica especializada, reportes técnicos sobre sistemas UUV/ROV (ej. US Navy, Suecia), doctrina naval internacional (ej. US Joint Chiefs of Staff) y estudios batimétricos específicos del litoral ecuatoriano (ej. Golfo de Guayaquil).

El procedimiento de análisis consistió en la triangulación de resultados para evaluar la viabilidad táctica y técnica. Se contrastó la eficacia científica comprobada de los sensores de los ROV (acústicos, CTD, cámaras) con los requerimientos de la ASW, enfocándose en la caracterización del factor espacio y el concepto de interoperabilidad con otros sensores acústicos (sonares de casco, sonoboyas) para la consolidación del cuadro táctico submarino..

Resultados

El análisis de la literatura y el contraste con los ensayos operacionales del INOCAR han permitido establecer tres hallazgos principales que sustentan la tesis sobre el potencial fortalecimiento de las capacidades antisubmarinas de la Armada del Ecuador mediante el empleo de Vehículos Operados Remotamente (ROV).

Se determinó que la eficacia de los ROV en misiones científicas valida directamente su potencial para la preparación de inteligencia del ambiente operacional (IPOE) en escenarios navales. El desarrollo de los sistemas no tripulados, que tiene su génesis en necesidades militares (SOSUS, SURTASS), evolucionó hacia aplicaciones científicas con alta precisión en la caracterización del espacio subacuático.

La misión científica en la estación antártica Pedro Vicente Maldonado (verano austral 2024–2025) demostró la idoneidad operativa del ROV para trabajar en condiciones adversas y de alto riesgo, minimizando la exposición del personal y optimizando la logística. Los sensores integrados en estos medios (CTD, sonares multihaz, cámaras) proporcionan la capacidad de distinguir y documentar con precisión tipos de fondos marinos, salinidad, presión y temperatura. Esta recopilación de datos es fundamental para comprender y caracterizar de forma dinámica las áreas submarinas, cumpliendo con el precepto doctrinal de la IPOE para la determinación precisa del factor espacio en entornos marítimos complejos.

Los resultados indican que el ROV no sustituye a los sensores primarios de las unidades de superficie, sino que los complementa de manera crítica para la compilación de blancos submarinos. Se confirmó que las condiciones oceanográficas del corredor marítimo ecuatoriano (Golfo de Guayaquil a La Libertad) generan desafíos acústicos significativos, con estudios que evidencian una reducción del alcance de los sonares en aguas someras hasta en un 40–60% respecto a escenarios ideales.

Además, el análisis propone una solución de bajo costo y alta efectividad: el binomio Sonar de Casco–ROV. Mientras el sonar de domo conserva su función de sensor primario, el despliegue de un ROV equipado con Forward-Looking Sonar (100–200 kHz) permite la readquisición y seguimiento de contactos en un rango crítico de 80 a 800 metros, asegurando una clasificación positiva mediante sus cámaras y sensores de alta resolución en la fase final. Adicionalmente, el ROV se convierte en un laboratorio portátil capaz de medir en tiempo real las condiciones de propagación del sonido (batitermia y salinidad), permitiendo el cálculo dinámico y más preciso del Alcance Predictivo del Sonar (PSR), factor que se ve alterado por las variaciones climáticas en la región (temperaturas de 17°C a 24°C).

Asimismo, el máximo valor táctico del ROV se obtiene al integrarlo en arquitecturas cooperativas, lo que permite la consolidación de un cuadro táctico submarino unificado. Los modelos internacionales (ej. programa NGODI de la US Navy, validado en la Task Force 59) confirman la eficacia de los sistemas distribuidos de sensores.

En la doctrina ecuatoriana, el ROV se perfila como un nodo móvil esencial en una red multiestática. Puede operar como un sensor activo que emite pulsos acústicos que son captados por receptores pasivos distribuidos (como sonoboyas o sonares de buques), incrementando la probabilidad de detección sin comprometer la ubicación de la plataforma principal. Este modo de empleo optimiza los medios existentes, combinando la amplia cobertura de sensores accesibles con la capacidad de verificación cercana y detallada del ROV. Finalmente, la implementación de estos sistemas duales se alinea con los objetivos estratégicos institucionales (Plan Bicentenario y Largo Plazo 2023–2045) que priorizan el desarrollo de capacidades tecnológicas para la defensa, vigilancia y la investigación científica.

Discusión

La evidencia recopilada confirma que la implementación del ROV no es solo un avance tecnológico, sino una necesidad operativa que responde directamente a la interrogante de cómo

fortalecer las capacidades antisubmarinas de la Armada del Ecuador en el complejo ambiente marítimo nacional.

Asimismo, los resultados establecen al ROV como un multiplicador de fuerza y un puente tecnológico costo-eficiente para la ASW. El éxito demostrado en la validación científica por el INOCAR se traduce en una capacidad superior de Preparación de Inteligencia del Ambiente Operacional (IPOE). La capacidad de un ROV para determinar con precisión las condiciones ambientales locales (temperatura, salinidad, batimetría) permite calcular el Alcance Predictivo del Sonar (PSR) en tiempo real. Esta información es crucial, ya que neutraliza las severas limitaciones acústicas que sufren los sonares de casco en las aguas cálidas y someras del Pacífico ecuatoriano, que pueden reducir su efectividad hasta en un 60%.

El concepto del binomio sonar-ROV propuesto, donde el ROV actúa como un medio de verificación y clasificación positiva a corta distancia (80–800 m), aborda la debilidad crítica de los sonares primarios en la fase final de la detección. Al integrarse como un nodo móvil en redes multiestáticas, el ROV contribuye a la construcción del cuadro táctico submarino al proporcionar un dato de contacto más robusto y persistente, alineándose con las tendencias de sistemas distribuidos a nivel internacional (ej. Task Force 59).

Por otro lado es imperativo reconocer las limitaciones del ROV, principalmente su dependencia del enlace de datos desde una plataforma nodriza, su velocidad limitada y su vulnerabilidad potencial a contramedidas en un ambiente de alta intensidad. Esto exige que su rol sea complementario, no sustitutivo, de los activos navales tradicionales.

No obstante, esta limitación puede ser mitigada mediante una planificación táctica creativa. El ensayo sugiere la posibilidad de desplegar los ROV desde unidades secundarias (lanchas misileras o guardacostas) que actúen en dispositivos de engaño o como elementos de vanguardia, protegiendo así a las unidades capitales. Este enfoque estratégico, que optimiza el empleo de recursos duales (defensa e investigación), se alinea perfectamente con los

lineamientos de modernización y austeridad del Plan Estratégico de Largo Plazo de la Defensa. El ROV, en este contexto, es la herramienta ideal para la transición progresiva hacia sistemas autónomos (UUV) más complejos, consolidando una conciencia situacional robusta con riesgos mínimos para el personal.

Conclusiones

El empleo del ROV como herramienta tecnológica facilita el fortalecimiento de las capacidades antisubmarinas de la Armada del Ecuador, al integrar información táctica del entorno submarino y mejorar la precisión en la determinación del factor espacio para la toma de decisiones.

El uso del ROV en misiones científicas facilita la transición hacia aplicaciones militares, al demostrar su eficacia en la obtención de datos oceanográficos y ambientales que pueden adaptarse a la preparación del ambiente operacional y al reconocimiento subacuático.

La incorporación del ROV en las operaciones de compilación de blancos submarinos facilita la validación de contactos detectados por sensores activos o pasivos, fortaleciendo la conciencia situacional en zonas acústicamente complejas como el Golfo de Guayaquil.

La interoperabilidad del ROV con otros sensores y plataformas facilita la implementación de los objetivos estratégicos y consolidar capacidades duales de defensa, vigilancia e investigación científica bajo una doctrina de modernización tecnológica.

Bibliografía

- Agarwala, N. (2022). Integrating UUVs for naval applications. *Maritime Technology and Research*, 4(3), 254470–254470. <https://doi.org/10.33175/mtr.2022.254470>
- Allard, Y., & Shahbazian, E. (2014). Unmanned underwater vehicle (UUV) information study. <https://apps.dtic.mil/sti/html/tr/AD1004191/>
- ARE AGUENA. (2004). Manual de empleo de medios en las operaciones navales.
- ARE CODESC. (2012). CODESC-PROTACE-01-2012, PROCEDIMIENTOS TÁCTICOS DE LA ESCUADRA.
- ARE COGMAR. (2021). Plan de Gestión Institucional Bicentenario 2022-2033. Armada del Ecuador. Res. COGMAR-CDO-042
- Bae, I., & Hong, J. (2023). Survey on the Developments of Unmanned Marine Vehicles: Intelligence and Cooperation. *Sensors*, 23(10), 4643. <https://doi.org/10.3390/s23104643>
- Baker, K. (2025). US Marines are getting in on Navy submarine hunting. *Business Insider*. <https://www.businessinsider.com/us-marines-are-getting-in-on-navy-submarine-hunting-2025-7>
- Battaleme, J. (2015). Cambiando el statu quo de la geopolítica internacional: El acceso a los espacios comunes y las estrategias de negación de espacio y antiacceso. 12.
- Benson, G. A., Mitchell, P. D., & Henson, B. (2025). Localization of AUVs for Ship Hull Inspection: A Review. *IEEE Access*. <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/10974976/>
- Blidberg, R. (2001). The Development of Autonomous Underwater Vehicles (AUV); A Brief Summary. Autonomous Undersea Systems Institute. https://www.researchgate.net/publication/247835516_The_Development_of_Autonomous_Underwater_Vehicles_AUV_A_Brief_Summary
- Coba, R. (2016). Afectación del cambio climático en las posibles áreas de empleo de los SS U-209 en la capacidad de detección y evasión. Academia de Guerra Naval.
- DOE Project. (2023). ¿Qué es un ROV? <https://oceanexplorer.noaa.gov/edu/materials/rov-fact-sheet-ESP.pdf>
- EC Comando Conjunto de FF.AA. (2020). GUÍA METODOLÓGICA PARA LA MEDICIÓN DE CAPACIDADES ESTRATÉGICAS DE FUERZAS ARMADAS.

- EC Comando Conjunto de FF.AA. (2021). Plan Estratégico de las Fuerzas Armadas 2021-2025. Quito: Comando Conjunto de Fuerzas Armadas.
- EC MIDENA. (2024). Plan Estratégico de Largo Plazo de la Defensa-PELPD.
- Emon, M. E. H., & Sharif Ahad, S. M. N. (2024). Design and construction of an economical underwater remotely operated vehicle (UROV) for surveying underwater portion of ship hull & shallow waterways [Thesis]. <http://dspace.mist.ac.bd:8080/xmlui/handle/123456789/859>
- Freyrie, M. (2023). Uncrewed underwater vehicles: Opportunities and challenges. The Underwater Environment and Europe's Defence and Security, Istituto Affari Internazionali (IAI). <https://www.jstor.org/stable/pdf/resrep51668.5.pdf>
- Gao, S., Yan, R., Zhao, Z., Ding, W., Dou, M., & Chen, B. M. (2024). Sea-U-Dragon: A Lightweight Unmanned Underwater Vehicle for Robot-Environment Interaction. 2024 IEEE International Conference on Cybernetics and Intelligent Systems (CIS) and IEEE International Conference on Robotics, Automation and Mechatronics (RAM), 69–74. <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/10673051/>
- Garzón, D. (2025). Enhancing Antarctic Field Operations: Using Remotely Operated Vehicles (ROVs) for Underwater Inspection of Scientific Equipment. ARE INOCAR.
- GDT. (2024, enero 26). Armed and intelligent: The US Navy's future UUVs - Global Defence Technology | Issue 91 | September 2018. https://defence.nridigital.com/global_defence_technology_sep18/armed_and_intelligent_the_us_navy_s_future_uuvs
- Guzmán Montesinos, N. (2018). Multiestatismo, ¿El Futuro de la Guerra Antisubmarina? Revista de Marina Chile, 135(965). <https://revistamarina.cl/es/articulo/multiestatismo-el-futuro-de-la-guerra-antisubmarina>
- Haeggman, M. J., & Spaak, F. (2025). Utveckling av målfarkost för utvärdering av sonarsystem. <https://www.diva-portal.org/smash/record.jsf?pid=diva2:1992858>
- Manley, J. E. (2016). Unmanned Maritime Vehicles, 20 years of commercial and technical evolution. OCEANS 2016 MTS/IEEE Monterey, 1–6. <https://doi.org/10.1109/OCEANS.2016.7761377>
- Martin, B., Tarraf, D., Whitmore, T., DeWeese, J., Kenney, C., Schmid, J., & DeLuca, P. (2019). Advancing Autonomous Systems: An Analysis of Current and Future Technology for Unmanned Maritime Vehicles. RAND Corporation. <https://doi.org/10.7249/RR2751>

- Menacho Piérola, J., Varea Loayza, E., Torres Santa María, A., Bartens Olortegui, M., Morote Somontes, G., Carillo Espinoza, R., Macedo Rodríguez, G., & Martínez Chiapperini, B. (2020). Manual del Navegante.
- Molchan, M. (2005). The role of micro-rovs in maritime safety and security. *Mochlan Marine Sciences*, 44.
<https://citeseerx.ist.psu.edu/document?repid=rep1&type=pdf&doi=5fea0e95ff3471882db9bb8b2212b007172fe19f>
- Patel, S. (2025). A Comprehensive Review of Unmanned Underwater Vehicles: Technologies, Applications, and Challenges. <https://jsiar.com/2025-June/JSIAR-J-25-06111.pdf>
- Piancastelli, L., Leon-Cardenas, C., & Sali, M. (2025). Technical Effectiveness Considerations on the Replacement of Missiles with Interceptor UAVs. *Unmanned Systems*, 13(01), 121–136. <https://doi.org/10.1142/S2301385025500086>
- Terrill, E. J., Merrifield, S., Celona, S., McCarthy, R., & Pietruszka, A. (2024). Robotic Exploration of a Historic Deepwater Dumpsite. *American Geophysical Union, Ocean Sciences Meeting*, 391, DS34A-0391.
<https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2024AGUOSDS34A0391T/abstract>
- Tucker, P. (2024, febrero 16). Navy envisions ‘hundreds of thousands’ of drones in the Pacific to deter China. *Defense One*.
<https://www.defenseone.com/threats/2024/02/navy-envisions-hundreds-thousands-drones-pacific-deter-china/394266/>
- Uribe Cáceres, S. (Ed.). (2016). Estrategia marítima, evolución y prospectiva (Primera edición). Escuela Superior de Guerra.
- US Joint Chiefs of Staff. (2014). Joint Publication 2-01.3. Joint Intelligence Preparation of the Operational Environment.
- US Navy. (2025). NIWC Pacific Boosts U.S. Navy’s Next-Gen Ocean Observation. United States Navy. <https://www.navy.mil/Press-Office/News-Stories/display-news/Article/4171742/niwc-pacific-boosts-us-navys-next-gen-ocean-observation/>
- Teledyne Marine. (2024). Principles of CTD Measurement and Data Collection: A Technical Overview [Informe técnico].