

EQUIPOS DE PISTÓN CORER Y HEAT FLOW PARA EL DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA MARINA EN COLOMBIA EN UNA CAMPAÑA DE GEOQUÍMICA ORGÁNICA DE EXPLORACIÓN DE HIDROCARBUROS EN AGUAS ULTRA PROFUNDAS A BORDO DEL ARC “RONCADOR”

Piston Corer and Heat Flow equipment for the development of marine scientific research in Colombia in an organic geochemistry campaign of hydrocarbon exploration in ultradeep waters on board of the ARC “Roncador”

Diego Enrique Parra Montañez¹
Julio César Manrique Castro²

Recibido: 02/09/2020
Aceptado: 27/11/2020

Resumen

La importancia de la instalación y la operación de los equipos de Pistón Corer y Heat Flow, para el desarrollo de la investigación científica marina en Colombia, en una campaña de geoquímica orgánica de exploración de hidrocarburos en aguas ultraprofundas a bordo del ARC “Roncador”, contribuye al desarrollo marítimo sostenible para proteger los Intereses Marítimos Nacionales del Estado colombiano y al desarrollo estratégico del país hacia una potencia bioceánica sostenible y pluricultural.

Palabras Clave: Pistón Corer, Heat Flow, geoquímica orgánica, aguas ultraprofundas, investigación, desarrollo, ARC “Roncador”.

Abstract

The installation and operation of the Piston Corer and Heat flow equipment for the development of marine scientific research in Colombia, in an organic geochemical campaign of hydrocarbon exploration in ultra-deep waters on board the ARC “Roncador”, contributes to sustainable maritime development to protect the national maritime interests of the Colombian State and the strategic development of the country towards a sustainable and multicultural bioceanic power.

Keywords: Piston Corer, Heat Flow, organic geochemistry, ultradeep water, research, development, ARC “Roncador”.

¹Teniente de Navío de la Armada Nacional, Ingeniero de Diseño y Automatización Electrónica, Candidato a Magister en Ingeniería Naval. diego.parra.mo@armada.mil.co

²Teniente de Navío de la Armada Nacional, Jefe del Departamento de Ingeniería ARC” Nariño”, Julio.manrique@armada.mil.co

Introducción

Colombia es un país marítimo que limita con el océano Pacífico y el océano Atlántico, y cuenta con cerca de 988 000 km² de territorio marítimo equivalente al 44.8 % del territorio nacional. Teniendo en cuenta lo anterior, se ha visto la necesidad de implementar estrategias para contribuir al desarrollo marítimo del país mediante el poder marítimo de la Armada Nacional de Colombia, buscando continuamente la consolidación del territorio marítimo.

Por su parte, la Armada Nacional se está proyectando como un Armada Mediana de Proyección Regional (AMPR), lo que significa que tiene la capacidad de ir más allá del ámbito territorial, por medio del desarrollo y protección de los intereses marítimos a partir del aprovechamiento y el control del mar en el tiempo que sea requerido y necesario. La presente investigación se planteó como objetivo responder por qué la Armada Nacional y el país deben invertir en la capacitación del personal para la utilización y el aprovechamiento de los medios tecnológicos existentes. Actualmente, el Buque Hidrográfico Multipropósito (BHM) de la Armada Nacional, identificado como BHM-153 ARC “Roncador”, contribuye en el estudio del fondo marino para poder determinar la circulación oceánica y el clima, con el fin de ubicar los lugares donde pueda haber recursos hidrocarburíferos y de esa manera impulsar el desarrollo del país. Asimismo, a través de estos estudios es posible determinar el movimiento de las placas oceánicas, la salinidad del agua y la presencia o ausencia de fósiles específicos para indicar patrones climáticos y la estabilidad del fondo marino.



Figura 1. Sistema de posicionamiento dinámico, permitiendo mejorar la precisión geográfica de donde se toman las muestras.

Fuente: ARC “Roncador” 2019

Doctrina, metodología y estándares



Figura 2. Distribución de los equipos de Pistón Corer y Heat Flow en la cubierta de trabajo del buque ARC “Roncador”.

Fuente: DIMAR-CIOH-ARC “Roncador” 2019.



Figura 3. Componentes del sistema para la recolección de muestras de sedimentos submarinos.

Fuente: CIOH-Olarte, L 2019.

Históricamente, esta es la primera campaña que se realiza con respecto al estudio del fondo marino por parte de la Armada Nacional, que en pro de su desarrollo realiza convenios estratégicos y aporta capacidad y recursos humanos propios de este tipo y en aguas ultraprofundas, pues únicamente se encuentran registros de haber servido como plataforma de apoyo en el año 2009 a bordo del ARC “Providencia”. Actualmente, dentro del periodo de gobierno del Presidente de la República de Colombia Iván Duque Márquez, se realizan alianzas estratégicas por medio de la Armada Nacional y la Dirección General Marítima (DIMAR), poniendo a disposición el servicio del personal vinculado a ellas y también las capacidades con las que cuentan, en este caso, la plataforma tecnológica ARC “Roncador”. Una de estas alianzas es la realizada en el año 2019, junto con la Agencia Nacional de Hidrocarburos (ANH), para desarrollar, por primera vez, una campaña de

análisis geoquímicos orgánicos y el componente de medición de flujo de calor, finalidad para la cual también se vinculó a la empresa Fugro Marine que es líder mundial en la realización de trabajos de geoquímicas orgánicas y en la evaluación de mediciones de flujo de calor, aplicando metodologías únicas en el mundo y con un alto nivel de rigurosidad y experiencia.

Los resultados de los análisis geomorfológicos de fondos marinos, a partir de la información de los equipos de hidrografía adquirida en diferentes campañas por los buques de la Armada Nacional, permitieron proporcionar resultados de información científica para estudiar y caracterizar fenómenos naturales potencialmente amenazadores, tales como deslizamientos submarinos, corrientes turbidíticas, acumulaciones y escape de gases, terremotos costa afuera, tsunamis, e identificar y cuantificar recursos mineros energéticos.

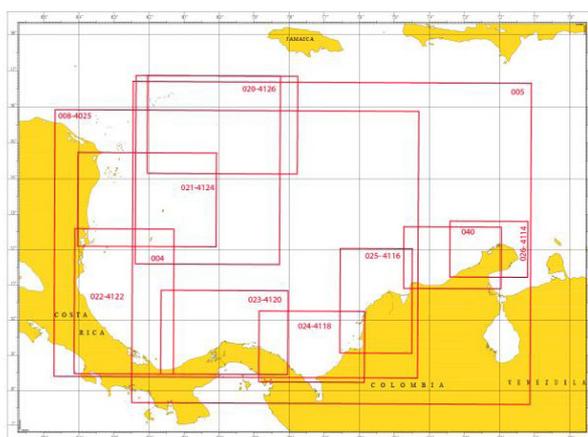


Figura 4. Área general de trabajo para los análisis geomorfológicos de fondos marinos para realizar los estudios a bordo del ARC “Roncador” Carta Náutica 040 Península de la Guajira.

Fuente: DIMAR-CIOH- 2019.

Desarrollo marítimo sostenible

Dentro del Plan de Desarrollo Naval 2042 se deben destacar algunos aspectos, entre los cuales está la actualización de la visión (Armada Nacional Visión, 2019), la cual posibilita fortalecer la posición de la Armada Nacional a futuro ante el país y sus instituciones, permitiéndole proyectarse al 2042 como una AMPR (Alonso y Gómez, 2017). Por otra parte, debe tenerse en cuenta la modificación realizada a la misión, en virtud de los roles que deberá cumplir la Marina colombiana en el marco de sus funciones y, por consiguiente, la proyección de la estructura de fuerza para poder darle cumplimiento a esta.



Figura 5. Disposición de los equipos de Pistón Corer para realizar los estudios abordo del ARC “Roncador”
Fuente: CIOH-ARC “Roncador” 2019.

El poder marítimo es la capacidad de crear, desarrollar, explotar y defender los intereses marítimos de un país en tiempos de paz o de guerra, siendo igual al poder naval a través de sus objetivos estratégicos: fuerza personal y material para el cumplimiento de la misión, la posición estratégica, esto es el conjunto de bahías, puertos e islas; voluntad estratégica, es decir, la fuerza desde la posición; y la contribución al desarrollo marítimo sostenible de los 13 Intereses Marítimos Nacionales (IMN), que representan un conjunto de beneficios de carácter político, económico, social, ambiental y militar, con el objetivo de ofrecer el aprovechamiento y el uso del mar en las actividades relacionadas con el territorio marítimo nacional, con orientación de la Comisión Colombiana del Océano (CCO), haciendo hincapié en los recursos ambientales marinos costeros, investigación científica, tecnologías e innovación, seguridad integral marítima, e industria naval y marítima (PNOEC, 2018); considerando, además, que el Estado colombiano tiene bienes y atributos del mar para aprovechar y proteger las ventajas y los recursos que brindan los océanos, las aguas jurisdiccionales, el lecho y el subsuelo marino (Uribe et al., 2016). Lo anterior, con el fin de tener una brújula y un ancla. La brújula: educación, información, conocimiento, tanto a nivel individual como colectivo; y el ancla: nuestras identidades, saber quiénes somos y de dónde venimos para no perdernos a dónde vamos (Castells, 1997).

A la Armada Nacional le corresponde cumplir, de manera ejemplar, con una multiplicidad de roles acorde a sus capacidades de forma óptima y flexible, para así ejercer el control de la seguridad integral marítima y fluvial, conservando el equilibrio tanto en la fuerza como en la capacidad para desplegarla, puesto que el propósito consiste en posicionarse a la altura de los países del entorno regional, teniendo en cuenta siempre la privilegiada condición de país bioceánico que posee Colombia (CONPES 3990, 2020). Al desplegar la gobernanza bioceánica, capacidad que tiene el Estado para ejercer su autoridad representada en el gobierno, es posible alcanzar sus objetivos en beneficio de la población, siendo una actuación interinstitucional bajo tres elementos necesarios: el gobierno, el territorio y el Estado (Herrera, 2020).

Especificaciones de desempeño del ARC “Roncador”



*Figura 6. Buque Hidrográfico Multipropósito ARC “Roncador”
Fuente: DIMAR-CIOH-ARC “Roncador” 2017.*

Actualmente, el BHM-153 ARC “Roncador”, al servicio de la DIMAR y la Armada Nacional, desarrolla diferentes misiones, entre las cuales están servir de plataforma de investigación científica marina, hidrografía, oceanografía, señalización marítima, transporte de equipos y personal de apoyo, posicionamiento de ayudas a la navegación, asistencia a plataforma en mar y tierra, operaciones de paz y ayuda humanitaria, control y protección del medio ambiente, búsqueda y rescate, apoyo a buzos, entre otras. Para desarrollar las funciones anteriores, el buque posee equipos oceanográficos y batimétricos de última generación. Dispone de una cubierta a popa despejada de 190 m² para llevar a cabo trabajos con el apoyo de un pórtico de popa, pórtico de costado, grúa de alta capacidad y winches científicos. Además, la unidad posee un sistema de posicionamiento dinámico DP1, cumpliendo con la notación de clase DYNAPOS AM/AT, el cual permite al sistema de posicionamiento dinámico mejorar la fiabilidad, disponibilidad y operatividad (Bureau Veritas, 2019).

Desde esa perspectiva, es necesario el cambio en la generación de capacidades que contribuyen al desarrollo marítimo sostenible para proteger los Intereses Marítimos Nacionales del Estado colombiano. Para ello se han seleccionado “los equipos de investigación y extracción in situ con retención de sedimentos submarinos” (Wang et al., 2013, p. 3353) Pistón Corer y Heat Flow, para obtener mediante estos las muestras de fondo marino y las sondas para el análisis de flujo de calor respectivamente (Beardsley, 2015), con el fin de desarrollar de una campaña de geoquímica orgánica de exploración de hidrocarburos en aguas ultraprofundas a 4500 m de profundidad en el fondo marino colombiano.



Figura 7. Buque Hidrográfico ARC “Roncador” en el área de operaciones realizando campañas de toma de muestras de sedimento marino.

Fuente: DIMAR-CIOH-ARC “Roncador” 2019.

Por su parte, la DIMAR formuló la Agenda de Investigación Científica Marina, alineada con el Plan Estratégico de Desarrollo 2030, con el objetivo de ser el eje que consolida el país marítimo, fluvial y costero (DIMAR, 2019) para el 2030, contribuyendo al posicionamiento de Colombia como potencia regional. En este sentido, la ANH, en su plan Ronda Colombia 2014 (ANH, 2014), orientado a la exploración y la producción de yacimientos convencionales costa afuera, y la DIMAR, realizaron una alianza estratégica para desarrollar estudios de investigaciones técnicas y científicas para el desarrollo estratégico del país y de la investigación científica marina, ejecutando “una campaña para la toma de 45 puntos de Pistón Corer y 15 puntos de Heat Flow, para el desarrollo de una campaña de geoquímica orgánica y levantamiento batimétrico multihaz en el Caribe colombiano” (Dirección General Marítima, 2018, p. 1).

Reactivación de la exploración costa afuera (*offshore*)

Durante el inicio del gobierno del Presidente Iván Duque se reactivó la exploración costa afuera (Morelli, 2019), y a su vez, la DIMAR, a través del Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas del Caribe - CIOH, con el acompañamiento de la empresa

Fugro, lograron realizar de manera exitosa un programa completo por primera vez en la historia a fuerza propia, el cual incluyó una exploración hidrocarburífera en aguas ultraprofundas, a través de un convenio por un valor de 12 mil millones de pesos (Caracol Radio, 2019) para la extracción de testigos de sedimentos del fondo marino a 4500 metros de profundidad, análisis geoquímicos orgánicos y mediciones del flujo de calor con personal entrenado y capacitado. Adicional a ello, se efectuó un fortalecimiento y transferencia tecnológica para el manejo de información científica y el desarrollo de maniobras offshore, de manera segura y siguiendo los estándares de la industria. Lo anterior, para lograr apoyar el proceso realizado por la ANH y cuantificar e identificar los recursos minero energéticos, que permitan continuar posicionándose a nivel regional e internacional, contribuyendo a la sociedad colombiana con nuevos proyectos de inversión, conocimiento y el fortalecimiento de las capacidades tecnológicas, y la producción de información técnica y científica (Olarte, 2019). Sin duda, toda la información recopilada tiene un aporte invaluable para la comunidad científica.

La importancia del Estudio de los sedimentos



*Figura 8. Personal de Dimar y Fugro en el desarrollo de las campañas.
Fuente: DIMAR-CIOH-ARC "Roncador"- Fugro Offshore, Geosciences. 2019.*

Al aplicar un estudio relacionado con los sedimentos, fue posible conocer sobre la circulación oceánica, el clima, la formación de depósitos de mineral, el movimiento de las placas oceánicas, la salinidad del agua, la presencia o la ausencia de fósiles específicos que pueden indicar patrones climáticos en ocasiones anteriores y la estabilidad del fondo marino.

La campaña se realizó en aguas ultraprofundas, siendo esto un hecho histórico para el Estado colombiano. Se llevó a cabo en dos fases a bordo del ARC “Roncador”, con equipos especializados y laboratorios autónomos para los análisis geoquímicos de sedimentos en el mar. La primera fase fue a través de los equipos de Pistón Corer, lo cual comprendió la selección de puntos de muestreo, la toma de núcleos, el muestreo de los núcleos, la interpretación geológica, el almacenamiento y la entrega de muestras para análisis. La segunda fase se desarrolló con los equipos de Heat Flow, recurriendo a la selección de puntos de muestreo, evaluación de los datos en cada estación, evaluación de los valores de temperatura y la profundidad del sedimento, procesamiento cuantitativo para determinar la conductividad térmica y almacenamiento de datos de temperatura y gradiente. Se obtuvieron resultados de identificación de núcleos de alto potencial, los cuales pueden detectar hidrocarburos en el fondo marino (Gharib, 2020), evaluando y optimizando el aprovechamiento del recurso hidrocarburífero, para conocer nuevas áreas donde se encuentren reservas de hidrocarburos y generando interés exploratorio, inversión y desarrollo de exploración costa afuera.

Muestreo de núcleos

La selección de los puntos para el muestreo de los núcleos se realizó con la información de la ANH y el CIOH, empleando los datos y equipos hidrográficos a bordo de la unidad, esto es, ecosondas multihaz EM2040 y SBP300; y equipo acústico de tipo Ultra Short Base Line - USBL, realizando la integración con el sistema de posicionamiento dinámico DP1 con sensores DGPS, en aras de aplicar ajustes a los puntos muestreados. Algunos científicos se refieren a los núcleos como cápsulas de tiempo, puesto que la información que contienen puede abarcar los últimos cientos de miles e incluso millones de años. Luego, los científicos pueden hacer uso de esta información para mejorar la comprensión del sistema climático, predecir patrones y eventos en el futuro.

Los análisis geoquímicos por medio de núcleos de muestras del fondo marino Pistón Corer en cuencas sedimentarias (Figura 9), han demostrado ser una herramienta fundamental dentro del proceso de prospección de posibles yacimientos de crudo y gas, tanto en áreas fronteras como en cuencas.

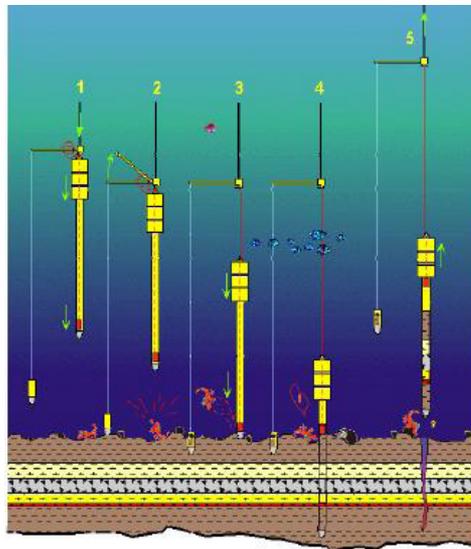


Figura 9.Esquema de funcionamiento de la herramienta de Pistón Corer.
Fuente: CIOH-Olarte, L 2019.

Equipos de Pistón Corer

3
El Proceso Doctrina, metodología y estándares

Núcleos de Fondo Marino(Pisto Core)

- Selección de puntos de muestreo.
- Toma de Núcleos.
- Muestreo de los Núcleos.
- Interpretación Geológica.
- Almacenamiento de muestras.
- Entrega de Muestras para análisis.

Selección

Posicionamiento

Ubicación

Muestreo

Figura 10.Esquema de funcionamiento de la herramienta de Pistón Corer.
Fuente: CIOH-Olarte, L 2019.



Figura 11. Maniobra de recuperación de equipos de Pistón Corer a bordo del ARC “Roncador”.
Fuente: DIMAR-CIOH-ARC “Roncador” 2019.

Los núcleos se recolectan a través de los equipos de Pistón Corer para toma de muestras del fondo marino. El sistema baja al fondo marino, donde el mecanismo de liberación dispara la penetración en caída libre para obtener una muestra. El seguro mecánico permite ajustar la distancia por medio del cable desde la abrazadera hasta el contrapeso (CIOH, 2019), tiene 6 metros de largo y 8 centímetros de diámetro, es un tubo de resina transparente que protege la muestra y guarda los sedimentos marinos, y se utiliza con ayuda de un sistema de lanzamiento y recuperación LARS, con unidad de potencia hidráulica y con un winche oceanográfico para 4500 metros de profundidad a una velocidad promedio de 75m/min. (Broda, 2003).

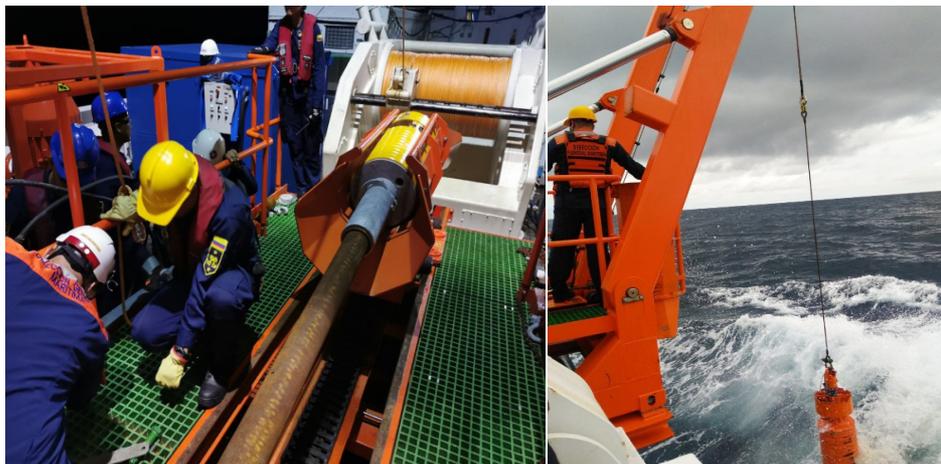


Figura 12. Lanzamiento del Pistón Corer a 4500 metros de profundidad.
Fuente: DIMAR-CIOH-ARC “Roncador” 2019.

Posteriormente, los núcleos son marcados y pasan directamente a los laboratorios especializados a bordo de la unidad para diferentes tipos de análisis con Fugro, tales como fluorescencia, microbiología, composición de hidrocarburos gaseosos (análisis de gases leves), composición de hidrocarburos líquidos (análisis de fluorescencia y cromatografía gaseosa) y análisis microbiológicos, con el propósito de minimizar los riesgos de pérdida y contaminación. Finalmente, se procede a congelarlos para su conservación a temperaturas por debajo de los 10 °C (CIOH-Olarte, 2019).



Figura 13 . Estudios de sedimentos a bordo del ARC "Roncador" por medio del Pistón Corer.

Fuente: DIMAR-CIOH-ARC "Roncador" 2019.

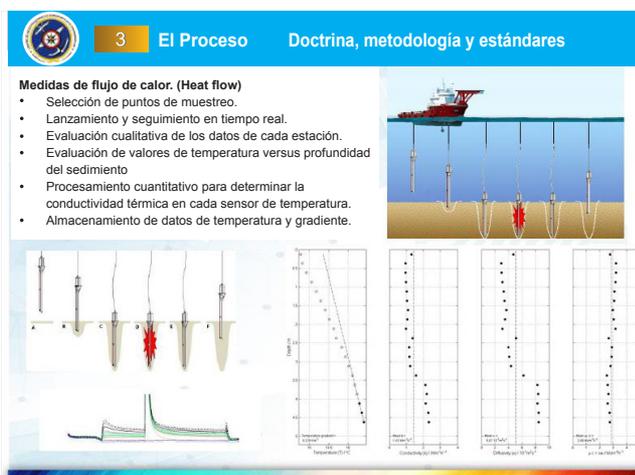


Figura 14 . Estudios de sedimentos a bordo del ARC "Roncador" por medio del Pistón Core.

Fuente: DIMAR-CIOH-ARC "Roncador" 2019.

La importancia del estudio de la temperatura de los sedimentos

Equipos de Heat Flow

Asimismo, a través de los equipos de Heat Flow, se llevan a cabo las mediciones de flujo de calor que producen importantes condiciones de contorno para el modelado de cuencas sedimentarias y las cuales suministran información sobre zonas de fallas y flujo de fluidos (CIOH, 2019), con el fin de obtener el gradiente geotérmico local, corroborando el potencial del núcleo en el fondo del mar, por medio de la sonda que permite medir la temperatura de fondo, los gradientes de temperatura y la conductividad térmica. Estos se obtienen con el uso de sensores de temperatura localizados a intervalos conocidos de la columna del equipo, esperando que se estabilice el equipo durante un periodo de 7 minutos, para permitir la disipación del calor generado por la fricción durante la penetración de la herramienta, aplicándose una energía de 600 joules/m. Adicionalmente, se cuenta con parámetros de presión, temperatura del agua, inclinación, resistencia de referencia y tiempo, y los datos se almacenan en la memoria RAM del equipo y se recuperan cuando el equipo sale a superficie para su procesamiento (Fisher y Harris, 2010).

Finalmente, resulta preciso señalar que, a través de este tipo de campañas se resalta el desarrollo nacional que impulsan nuevos recursos, motor de la economía en los mares y océanos (Gunter, 2015), mayor información disponible de los fondos marinos, cultura marítima, seguridad marítima integral, fortalecimiento de nuevas capacidades para el conocimiento del desarrollo económico y marítimo sostenible, educación y cultura (Ministerio de Cultura de Colombia, 2018), protección del medioambiente, soberanía nacional, atención y prevención de desastres e investigación científica marina, con el objetivo de conocer las cuencas tanto en la geomorfología como en las primeras capas sedimentarias, impulsando así una potencia bioceánica sostenible y pluricultural (EJE21, 2019).

Discusión

La Armada Nacional y el país deben continuar invirtiendo en la capacitación del personal para aprovechar la experiencia de las tripulaciones y el personal científico, así como en las capacitaciones tecnológicas de los centros de investigación de la DIMAR y las unidades a flote, en aras de contribuir con el desarrollo y la protección de los intereses nacionales mediante el progreso y protección de estos, a partir del aprovechamiento y control del mar. Esto último, teniendo en cuenta que, actualmente, la Armada Nacional posee la plataforma requerida para efectuar investigaciones costa afuera a bordo del ARC “Roncador”, con la finalidad de determinar y ubicar posibles yacimientos petrolíferos y a su vez incrementar las inversiones nacionales e internacionales para elevar el desarrollo del país.

Es importante resaltar que, hoy en día, la Armada Nacional se encuentra realizando levantamientos para la ANH, con los equipos instalados a bordo del ARC “Roncador”, esto es, Pistón Corer (muestras de fondo marino) y Heat flow (sondas para análisis de flujo de calor), con acompañamiento de Fugro, que, debido a su reconocimiento internacional y a su experiencia en el campo de la investigación, se encuentra capacitando al personal de la unidad, en aras de realizar transferencia tecnológica y formación a el personal de la unidad.

Sumado a lo anterior, resulta necesari la adquisición de más equipos de investigación científica similares, con el fin de ampliar las capacidades del país y de la Armada Nacional, para así contribuir con el desarrollo de los intereses nacionales.

Referencias

- Alonso, D., & Gómez, F. (2017). *Armada de Colombia como Armada Mediana de Proyección Regional -AMPRE. En ll Estado y el Mar: Relaciones con el Poder Marítimo, el Poder Naval y el desarrollo nacional.*
- ANH. (2014). *Asociación Nacional De Hidrocarburos, Ronda Colombia.*
- Armada Nacional Plan de Desarrollo Naval 2042. (2020). *Plan de Desarrollo Naval 2042.* Primera Edicion, Bogota.
- Armada Nacional Vision. (2019). <http://190.242.62.252/naval/es/vision>. Obtenido de Escuela Naval de Cadetes “Almirante Padilla”.
- Beardsley, D. (2015). Design, manufacture, Supply Feritech ltd. (ISSUE423). *Manufacturing and Engineering Magazine*, 50-54. Obtenido de (ISSUE423)
- Broda J. (2003). *Woods Hole Oceanographic Institution Piston Corer.* Estados Unidos. Obtenido de <https://www.whoi.edu/what-we-do/explore/instruments/instruments-sensors-samplers/piston-corer/>
- Bureau Veritas. (2018). *Rules for the Classification of Offshore Units.* part D, chapter 11, 6 (4.1). Paris, Francia.
- Caracol Radio. (08 de 10 de 2019). Firman convenio para investigación en aguas del Caribe colombiano. Cartagena, Colombia.
- Castells, O. M. (1997). *La era de la Informacion Universidad de California en Berkeley.* Estados Unidos.

- CIOH. (2019). *Capacidades en Investigación Científica Marina asociadas en la exploración Offshore*. Cartagena.
- CONPES 3990. (2020). “*Colombia Potencia Bioceánica Sostenible 2030*”. Bogota.
- DIMAR . (2019). *Plan Estratégico de Desarrollo 2030. Dirección General Marítima* (Vol. 2).
- Dirección General Marítima. (2018). *Contrato interadministrativo N° 276-SUBAFIN-2018 suscrito entre la nación Ministerio Defensa Nacional-Dirección General Marítima*.
- Fisher, A. & Harris, R. (2010). Using seafloor Heat Flow as a tracer to map seafloor. *Geofluids*, 10(1-2), 142-160
- Gharib,Jim. (24 de 01 de 2020). Fugro, DIMAR analyze seeps offshore Colombia. *Offshore, Geosciences*.
- Gunter, P. (2015). *Economía Azul*. Academic Foundation.
- Hurtado de Barrera, J. (2012). *Metodología de la Investigación: guía para una comprensión holística de la ciencia*. 4a.ed. Caracas Ediciones Quiron pp 441 – 457
- Ministerio de Cultura de Colombia. (2018). *Economía Naranja*. Bogota.
- Morelli L (2019). *Colombia Reactiva la Exploración de Hidrocarburos en el Mar Caribe. País de Mares*. ANH
- Olarte, L. (2019). *Project Manager y Jefe de Campaña. Asesor Técnico de Proyectos especiales de DIMAR*. CIOH. Cartagena.
- PDN 2042. (2020). *Plan de Desarrollo Naval 2042*. Primera Edición, Bogota.
- PNOEC. (2018). *Política Nacional del Océano y de los Espacios Costeros* . Bogota.
- Sr CALM Juan Francisco Herrera Leal. (2020). *Políticas institucionales de la Dirección General Marítima*. Bogota.
- Uribe, S., Chávez, L., & Osorio, L. (2016). *Estrategia Marítima, Evolución y Prospectiva, Escuela Superior de Guerra*. Bogotá, D.C., Colombia.:

Vicealmirante Juan Manuel Soltau Ospina . (2019). *Colombia comienza la exploración extraterritorial de hidrocarburos en el Caribe*. Agencia EFE.

Wang, J., Fan, W., Bingham, B., Chem, Y., Yi, L., & Lun, S. (2013). A Long Gravity-Piston Corer Developed for Seafloor Gas Hydrate Coring Utilizing an In Situ Pressure-Retained Method. *Energies* 2013, 6(7), 3353-3372.