

CORALES FRÍOS.
REVISIÓN DE LOS CONCEPTOS TRADICIONALES SOBRE ESTOS ORGANISMOS

COLD CORALS.
REVIEW OF TRADITIONAL CONCEPTS ABOUT THESE ORGANISMS

 **MIGUEL CABRERA CASTELLANOS***

Instituto de Geología y Paleontología. IGP. Servicio Geológico de Cuba. Ave. Vía Blanca No 1002, San Miguel del Padrón. La Habana. Cuba.

* Correspondencia: miguel@igp.minem.cu

RESUMEN : Según la información científica actualizada, las formaciones coralinas no sólo se encuentran en aguas someras tropicales, sino también en aguas frías de distintas profundidades y latitudes. Es objetivo de este trabajo tratar las condiciones específicas en que se desarrollan, según los resultados reportes de publicaciones y su hallazgo en la zona económica exclusiva (ZEE) de Cuba en el golfo de México. Se encuentran en medio afótico, a presión atmosférica hasta mayor de 5 t/cm², de baja oxigenación y a temperaturas hasta próximas a 0°C. Otras condiciones pueden ser las emanaciones de gases, aprovechadas por los corales para su nutrición y la construcción de un substrato duro para su asentamiento, mediante la oxidación del metano gracias a su simbiosis con bacterias quimiosintéticas. Habitan en casi todos los mares y océanos del mundo. En la ZEE de Cuba fueron descubiertos a más de 1500 m de profundidad, con indicios de emanaciones de gases. La importancia desde el punto de vista geológico de los corales fríos radica en: 1) su relación con emanaciones de gases, siendo un indicio para la prospección de hidratos de gases, con volúmenes de gas metano, estimados entre 2,1 x 10¹⁶ y 4 x 10¹⁶ m³, casi dos veces mayor que el total de metano comercial mundial (2,5 x 10¹⁴ m³) y del carbono equivalente a todos los depósitos conocidos de combustibles fósiles y 2) rompen con la regla de asociar la presencia de corales, exclusivamente, con requerimientos para su desarrollo propios de mares nerfíticos tropicales.

Palabras clave: corales fríos, metano, hidrato de gas, quimiosíntesis.

ABSTRACT: According to updated scientific information, coral formations are not only found in tropical shallow waters, but also in cold waters of different depths and latitudes. The objective of this work is to deal with the specific conditions in which they develop, according to the results of published reports and their discovery in the Cuban exclusive economic zone (EEZ) in the Gulf of Mexico. They are found in an aphotic environment, at atmospheric pressure up to more than 5 t/cm², low oxygenation and temperatures up to about 0°C. Other conditions may be gas emanations, exploited by corals for their nutrition and the construction of a hard substrate for their settlement, through the oxidation of methane thanks to their symbiosis with chemosynthetic bacteria. They inhabit almost all the seas and oceans of the world. In the Cuban EEZ they were discovered at a depth of more than 1500 m, with evidence of gas emanations. The importance from the geological point of view of cold corals lies in: 1) their relationship with gas emanations, being an indication for the prospection of gas hydrates, with volumes of methane gas, estimated between 2.1 x 10¹⁶ and 4 x 10¹⁶ m³, almost twice the total world commercial methane (2.5 x 10¹⁴ m³) and carbon equivalent to all known deposits of fossil fuels and 2) they break with the rule of associating the presence of corals, exclusively, with requirements for their development typical of tropical neritic seas.

Keywords: cold corals, methane, gas hydrate, chemosynthesis.

Recibido: 18/12/2023

Aceptado: 22/01/2024



Este artículo se encuentra bajo los términos de la licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial (CC BY-NC 4.0).
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>



INTRODUCCIÓN

Para muchos naturalistas y, particularmente para los biólogos marinos y los geólogos ha sido una regla asociar las formaciones coralinas, como los arrecifes, con determinados requerimientos ambientales y ecosistémicos para su desarrollo, propios del fondo de mares neríticos tropicales, o sea, hasta 30° al norte y al sur del ecuador, preferentemente hasta a los 4°, entre los que sobresalen los siguientes: 1) temperatura del agua nunca inferior a 16-18° C y no mayor de 29-30; 2) buena iluminación, la cual se comporta favorable hasta los 20 m aproximadamente; 3) emersión no prolongada de los corales, de ahí la imposibilidad de crecimiento por encima del nivel medio de la marea; 4) aguas ricas en oxígeno, agitadas, claras, sin sedimentos en suspensión y con cierto contenido de nutrientes; 5) alta salinidad (27-40 ‰) y 6) un sustrato litificado, que también pueden ser objetos sólidos duros, con una posición estable, como los pecios.

Tales regularidades biogeogeográficas ha servido de fundamento para hacer reconstrucciones paleogeográficas, partiendo de la presencia de restos fósiles de corales, los cuales se conocen desde el período Ordovícico (485 Ma). Sin embargo, esta realidad no es absoluta, ya que la información científica de los últimos años indica que las grandes formaciones de coral no sólo se encuentran en aguas someras tropicales con buena iluminación (zona fótica), sino hasta donde se percibe un mínimo de luz siempre que sea suficiente para la fotosíntesis, independientemente de la profundidad, pudiendo alcanzar decenas y más de un centenar de metros en aguas muy transparentes (zona mesofótica); así como en aguas frías profundas (zona afótica) o someras de altas y bajas latitudes (Reyes, 2019; Rogers, 2004; Slattery y McClintock, 1995; Freiwald, 2002; WWF, 2004; Haussermann y Forsterra, 2007; Cárdenas et al., 2008), por tanto, lo apropiado es denominar a los corales no tropicales como fríos o de aguas frías y no profundos o de aguas profundas, como suele ocurrir en algunas investigaciones.

Los corales fríos fueron descubiertos hace más de 260 años, en 1755 (Reyes, 2019), en la plataforma marina continental de Noruega, pero su conocimiento ha tardado en difundirse, por cuanto no se sabía cómo explicar su existencia en condiciones opuestas a las ya bien establecidas para las formaciones coralinas de aguas neríticas templadas. Solo con el desarrollo de la tecnología moderna, particularmente la robótica, que ha permitido su observación *in situ*, el muestreo a distancia y la toma de imágenes, se ha comenzado a conocer científicamente ese otro mundo de los corales. El trabajo pionero de Wilson (1979) arrojó luz sobre una colonia en Porcupine Bank, frente a Irlanda. El primer vídeo en vivo de un gran y profundo arrecife coralino fue obtenido en julio de 1982, cuando la compañía petrolera noruega Statoil encontró un arrecife de 15 m de altura y 50 m de ancho, a una profundidad de 280 m, cerca de la isla Fugloy, círculo Polar Ártico, al norte de Noruega. Con posterioridad se han dado a conocer numerosos hallazgos de corales fríos en diversas regiones del mundo.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo es una revisión, análisis y síntesis de reportes de distintos investigadores sobre el mundo poco conocido de los corales fríos en diferentes mares y océanos del planeta, incluido el de su propio autor en la zona económica exclusiva de Cuba en el golfo de México.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A pesar de que las investigaciones sobre este tema son recientes y, de tratarse de un medio de difícil acceso, el cual es menos conocido por el hombre que el espacio sideral, existe una cantidad considerable de datos, los cuales permiten, al menos de forma general, abordar los siguientes aspectos:

¿Qué son los corales fríos?

Estos corales, al igual que todos los demás constituyen la superclase Anthozoa, una de las cinco superclases del grupo de los cnidarios (*phylum* Cnidaria) y se estiman en dos tercios de todas las especies de coral. Su hábitat se encuentra en las partes más frías de los mares (hasta próximo a 0° C), desde cerca de la superficie hasta el abismo de más de 3000 m de profundidad. Todo su ciclo vital ocurre en condiciones afóticas, presión atmosférica que puede superar 5 t/cm² y en presencia de Zonas de Mínimo Oxígeno-ZMO- (Cañete y Haussermann, 2012; Van Dover et al., 2014). Al igual que sus pares tropicales, proporcionan hábitat a otras especies (esponjas, gusanos poliquetos, moluscos, crustáceos, estrellas, erizos de mar, briozoos, arañas de mar y peces, entre otras), en particular de sus fases larvarias, por lo que han sido denominados por algunos investigadores "puntos calientes de biodiversidad" (Lockhart y Jones, 2008; Maier et al., 2012). Pero a diferencia de estos no tienen algas verdes (zooxantelas) en el interior de sus células, que viven como simbioses y les proveen de nutrientes a través de la fotosíntesis (70-95 %, el resto lo obtienen atrapando plancton), de la cual ellas también se alimentan, a la vez que están protegidas en el interior del coral.

La nutrición de los corales fríos depende de los alimentos que caen de la superficie del mar, generalmente presas vivas (zooplancton) o de partículas orgánicas de pequeño tamaño disueltas en el agua que los rodea. El hecho de capturar presas, a veces de tamaños considerables (2 cm o más), es una de las razones por la que estos organismos hayan desarrollado pólipos de gran tamaño en comparación con los de los corales de aguas cálidas (Covadonga et al., 2007; Anthony, 2021). También existe la hipótesis de que estos corales pueden nutrirse de metano, etano y propano mediante la filtración de hidrocarburos ligeros. El proceso se denomina "teoría hidráulica" para los arrecifes de coral de aguas frías, al relacionarlo con la mecánica de los fluidos (Peckett, 2003). La misma se sustenta en la estrecha relación existente entre un número considerable de formaciones coralinas, alrededor del 60 %, con los cráteres en el lecho marino (*pockmarks*), que se forman por la expulsión de líquidos y gases, incluido el metano.

Según Somoza (2000), su desarrollo en ese medio, que pudiera considerarse hostil, es posible gracias a su simbiosis con bacterias quimiosintéticas. Estos son grupos de bacterias que se adaptan a vivir en medios ricos en metano y otros componentes químicos, adoptando la quimiosíntesis, o sea, la transformación energética a través de sulfuro o carbono del metano, como principal fuente de energía y derivación. Entre los antecedentes que pudieran avalar esta suposición se encuentran los reportes del mencionado autor sobre la presencia de grandes colonias faunísticas alrededor de puntos de escape de gases por debajo de los 500 m de profundidad del mar, por ejemplo, en el golfo de México. El mismo, también afirma que la oxidación del metano que asciende a la superficie del fondo marino origina la formación de carbonatos, sulfuros y sulfatos, creando costras duras, donde pueden asentarse colonias arrecifales, como las que se localizan en Porcupine al sur de Irlanda, que viven a profundidades de 750 y 1000 m, asociados a emisiones de gas metano, a través de fisuras en el talud continental, confirmando así la existencia de otro de los procesos que facilita las condiciones de vida en zonas marinas afóticas.

Los corales fríos, además de las características de las aguas en que viven (frías y afóticas) y de alta presión atmosférica, presentan otros requerimientos ambientales y ecosistémicos específicos; así por ejemplo: 1) corrientes o flujos vigorosos de agua que les provea alimento, les permita dispersar sus gametos y remover los desechos de su superficie para mantenerla libre de sedimentos (Rogers, 2004) y 2) sustratos duros para adherirse (rocas, sus propios esqueletos o de grandes peces después de muertos y pecios); aunque hay reportes de *Lophelia pertusa* sobre sustratos blandos (Peckett, 2003), por ejemplo: en Darwin Mounds crecen sobre arena (una de las áreas de coral de aguas frías más investigada en Inglaterra). Aunque pudiera ocurrir que

en realidad el sustrato original de asentamiento de los corales sea material litificado cubierto, con posterioridad a esto, por sedimentos, por lo que solo lo circundarían. Así ocurre en el Gran Banco de Buena Esperanza, golfo de Guacanayabo, Cuba, donde la base constituida por distintas generaciones de corales muertos de los actuales y vigorosos arrecifes coralinos de los géneros *Cladocora*, *Porites* y *Acropora* yace sobre arcillas litificadas hasta 50 m por debajo de los sedimentos friables (Ionin et al., 1977; Avello y Pavlidis, 1986; Cabrera y Batista, 2009) y no sobre estos como asumieron Zlatarsky y Martínez-Estalella (1982), que los denominaron arrecifes gelatinosos sobre fondo fangoso.

Se conocen casi tantas especies de corales de aguas frías como de aguas templadas, pero solo unas pocas especies de los primeros desarrollan construcciones similares a los arrecifes tradicionales, y que en realidad no responden a la etimología de este término, que es náutica, por referirse a obstáculos para la navegación (originario del término noruego "rif"), en consecuencia, un arrecife se refería históricamente a los corales que representaban un peligro para la navegación, por lo que es discutible si es correcto o no el uso del término arrecife para estos ecosistemas, a pesar de estar muy extendido el término "arrecifes de coral de agua fría". Son más comunes los parches, bancos y arboledas o montes (formaciones dendriformes arborescentes), en montañas y otras elevaciones del fondo marino, que difieren estructural y funcionalmente de los arrecifes.

En su conjunto, estas formaciones se ajustan más al término "montículo", ya que constituyen un gran esqueleto surgido por apilamiento de diferentes generaciones de corales a medida que se desarrollan y mueren, pudiendo contener o no corales vivos. Estas estructuras son fortalecidas por la presencia de gusanos poliquetos, como el *Eunice norvegica*, que se encargan de unir los fragmentos mediante secreción calcárea a modo de matriz o cemento. En tal sentido, la arquitectura de los corales fríos difiere de la de los corales tropicales. Son de lento crecimiento, con un estimado de solo los primeros milímetros al año, por lo que se consideran formadores de ecosistemas vulnerables (Roark et al., 2009). Esto es en comparación con los arrecifes tropicales, donde la velocidad de crecimiento es mayor, aunque variable, por ejemplo, en Cuba el arrecife, en general, raramente supera 0,5-2 m en 100 años, sin embargo, algunos géneros de corales, como el *Acropora prolifera* alcanzan hasta 2-4 cm por año, mientras que en las islas de Adaman (Océano Indico) se ha observado un crecimiento del arrecife de hasta 30 cm al año (Ionin et al., 1977). Este mayor crecimiento se debe a la presencia de zooxantelas, esenciales para su crecimiento.

Las especies de corales *Lophelia pertusa* y *Solenosmilia variabilis* se encuentran entre las mejores estudiadas en aguas frías, por ser de las más abundantes y semi-cosmopolitas. La primera habita en todos los océanos y casi todas las latitudes, a excepción de los polos. Sus mayores formaciones aparecen en el hemisferio norte. Vive entre 39 y 3,600 m de profundidad, con mayor frecuencia entre los 200 y 400 m. La segunda se encuentra ampliamente distribuida en los océanos, el mar Rojo y hasta en zonas circumpolares. Sus mayores estructuras se encuentran en el hemisferio sur. Se desarrolla entre los 50 y más de 3000 m de profundidad. Se destaca por su color naranja brillante, fenómeno presente también en otros numerosos corales fríos y que aún está por estudiar. En condiciones tropicales la coloración, en general de los corales, se debe a la producción de proteínas fluorescentes para realizar la fotosíntesis en condiciones de casi oscuridad (zona mesofótica) o para bloquear el exceso de luz solar, ya que la radiación ultravioleta puede dañar las zooxantelas y, en consecuencia, hacerle perder gran parte de su sustento.

Distribución geográfica de los corales fríos

Los descubrimientos iniciales sobre los corales fríos llevaron a pensar que la mayoría de ellos se encontraban en el hemisferio norte, en los territorios marítimos circundantes a Noruega y el resto de Escandinavia, Canadá, Gran Bretaña e Irlanda, por ejemplo. Sin embargo, con el empleo

de tecnologías submarinas avanzadas se ha descubierto que los mismos se encuentran mucho más difundidos, cada vez son más numerosas las localizaciones de estos ecosistemas en casi todos los mares y océanos del mundo: Atlántico, Pacífico, Índico y Mediterráneo y en lugares tan distantes entre sí como Brasil, Indonesia, Islas Galápagos, Angola o el golfo de México.

Según Somoza (2000), Reyes (2019), Vela (2022) y otras publicaciones, entre las localidades reportadas y quizás mejor documentadas se encuentran: 1) los arrecifes Fugloy, Hovland y Mortensen cerca del círculo polar ártico, al norte de Noruega; 2) banco Porcupine aproximadamente a 200 km al oeste de Irlanda; 3) arrecife frente a Mauritania, considerado por el Instituto Español de Oceanografía como el mayor del mundo, con 1700 m de ancho, 100 m de alto sobre el fondo y más de 400 km de longitud; 5) montes profundos, sumergidos entre 200 y 400 m, entre Alicante y Valencia, España; 6) en la plataforma y taludes insular y continental de la región de Magallanes, en la Patagonia chilena, entre las latitudes 52°43' S y 75°46' W (isla Desolación) y 57°05' S (paso Drake) y las longitudes 65°48' W (bahía Nassau) y 7) a 65° de latitud sur, bajo los hielos de la Antártida.

Edad de los corales fríos

Basado en la altura de los arrecifes actuales y, asumiendo velocidad milimétrica de crecimiento de algunas especies de corales se han estimado edades en unos 10 ka y hasta 2 Ma. Pero esta fundamentación es aún bastante especulativa debido a los insuficientes estudios existentes de ambos parámetros. Respecto a los restos fósiles será necesario comenzar a desentrañar las condiciones ambientales de acumulación de los depósitos, en los que estos se encuentren, para determinar si corresponden a corales fríos o tropicales. Es probable que ambos grupos posean antigüedades similares; así parece confirmarlo el hallazgo por paleontólogos españoles y franceses de dos nuevas especies de corales, bautizadas como *Petridictyum casanovai* y *Procteria gavaensis*, pertenecientes al período Devónico, hace unos 405 Ma. Vivieron en zonas marinas frías, profundas, poco oxigenada y de fondo lodoso, del norte del gran continente desaparecido Gondwana, que hoy corresponde a Cataluña, España (periódico EL MUNDO, 21/01/2008).

Corales fríos en la zona económica exclusiva de Cuba en el golfo de México

Las aguas del golfo de México junto al mar Caribe albergan uno de los ecosistemas más espectaculares y con mayor diversidad biológica de la Tierra, entre ellos el de los corales fríos, comprendidos en las zonas coralinas, que van desde la frontera México-Estados Unidos hasta los cayos de la Florida, incluyendo un conjunto de cañones marinos profundos. También existen reportes en el golfo de México en general, como el de Somoza (2000). En el territorio correspondiente a la zona económica exclusiva de Cuba fueron descubiertos durante una campaña en el año 2002 para el estudio de una línea base ambiental, con el objetivo de ubicar pozos de exploración de hidrocarburos.

Su hallazgo fue fortuito, se produjo cuando era arrastrada una cámara fotográfica a través del fondo marino por medio de cables, desde el buque oceanográfico "Justo Sierra" perteneciente a la Universidad Nacional de México (UNAM). La misma impactó un cuerpo rocoso cubierto de fauna, dentro de la que se encontraban corales fríos, depositándose fragmentos del mismo en la malla protectora del equipo, que afortunadamente fueron transportados hasta la superficie. En la **Tabla 1** aparecen las coordenadas del itinerario seguido por la cámara, en el cual fueron revelados por perfilaje de sísmica somera montículos (**Figura 1**), a uno de los cuales deben corresponder las muestras.

Tabla 1. Datos del perfil, por el cual se desplazó la cámara fotográfica extrayendo fragmentos de rocas y del arrecife desarrollado en la superficie de estas

Latitud (N)	Longitud (W)	Profundidad, en m	Long. cable, en m
23 26,655	81 47, 369	2549,2	1550, 0
23 26,647	81 47,351	1549,4	1630,0
23 26,646	81 47,352	1549,5	1635,0
23 26,648	81 47, 344	1549,6	1645,0
23 26,650	81 47,333	1549,8	1650,0
23 26.659	81 47,307	1551,0	1655,0
23 26,664	81 47, 284	1548,0	1655,0
23 26,673	81 47,253	1543,0	1645,0
23 26,686	81 47,251	1545,0	1635,0
23 26,699	81 47,236	1541,0	1642,0
23 26,718	81 47,221	1531,0	1649,0
23 26,742	81 47,183	1538,0	1644,0
23 26,763	81 47, 141	1540,0	1639,0
23 26,787	81 47,108	1538,0	1634,0
23 26,792	81 47,103	1540,0	1630,0
23 26,786	81 47,097	1540,0	1632,0
23 26,783	81 47,081	1540,0	1627,0
23 26,804	81 47,029	1544,0	1612,0
23 26,822	81 47,004	1544,0	1610,0
23 26,830	81 46,973	1544,0	1610,0
23 26,832	81 46,963	1540,0	1608,0
23 26,828	81 46,946	1542,0	1612,0
23 26,827	81 46,943	1543,0	1615,0
23 26,831	81 46,916	1543,0	1610,0
23 26,840	81 46,891	1543,0	1610,0
23 26,839	81 46,868	1543,0	1606,0
23 26,845	81 46 852	1543,0	1604,0
23 26,860	81 46,837	1544,0	1609,0
23 26,873	81 46,821	1545,0	1611,0
23 26,891	81 46,807	1545,0	1616,0
23 26,906	81 46,783	1545,0	1616,0
23 26,900	81 46,770	1546,0	1629,0
23 26,859	81 46,756	1547,0	1634,0
23 26,850	81 46,761	1547,0	1634,0
23 26,855	81 46,716	1547,0	1629,0
23 26,857	81 46,713	1548,0	1629,0
23 26,866	81 46,681	1548,0	1610,0
23 36,871	8146,655	1547,0	1606,0
23 26,875	81 46,638	1550,0	1596,0
23 26,878	81 46, 620	1546,0	1591,0
23 26,879	81 46,594	1498,0	1519,0
23 26,881	81 46, 574	1500,0	1586,0
23 26,884	81 46,557	1487,0	1561,0
23 26,892	81 46,518	1485,0	1519,0
23 26,915	81 46,417	1475,0	1494,0
23 26,915	81 46,414	1475,0	1514,0
23 26,918	81 46,410	1472,0	1425,0
23 26,919	81 46,408	1483,0	1525,0
23 26,917	81 46,362	1471,0	1540,0
23 26,908	81 46,309	1467,0	1530,0
23 26,906	81 46,272	1467,0	1520,0
23 26,902	81 46,260	1465,0	1515,0
23 26,871	81 46,220	1470,0	1505,0
23 26,831	81 46,159	1496,0	1510,0

Latitud (N)	Longitud (W)	Profundidad, en m	Long. cable, en m
23 26,817	81 46,116	1561,0	1515,0
23 26,781	81 46,031	1568,0	1572,0
23 26,744	81 45,858	1478,0	1576,0
23 26,697	81 45,726	1480,0	1550,0
23 26,695	81 45,719	1482,0	1530,0
23 26,710	81 45,705	1481,0	1545,0
23 26,717	81 45,709	1480,0	1535,0
23 26,724	81 45,729	1482,0	1525,0
23 26,735	81 45,745	1480,0	1545,0
23 26,747	81 45,759	1476,0	1670,0
23 26,760	81 45,771	1477,0	1745,0
23 26,777	81 45,794	1449,0	1725,0
23 26,817	81 45,819	1538,0	1662,0

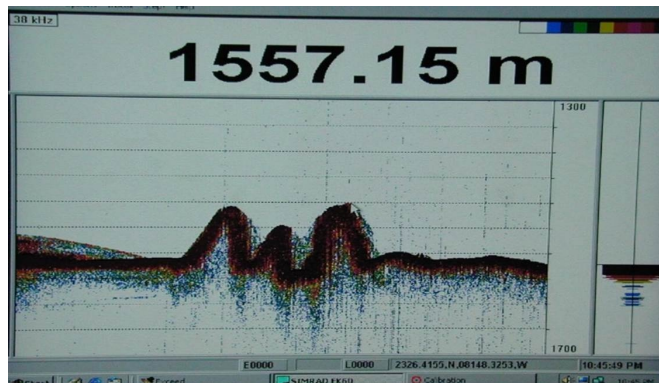


Figura 1. Montículos de rocas registrados por reflexión sísmica somera, de aproximadamente 80 m de altura sobre el fondo marino, de donde probablemente fueron arrancados los fragmentos de rocas transportados a la superficie por el bastidor de la cámara fotográfica

En los fragmentos de roca recuperados de unos 20-30 cm de tamaño y 5-6 kg de peso se pudieron observar los siguientes rasgos: 1) la constitución original de la roca es calcárea, con aspecto granuloso, similar a calcarenitas; 2) se fractura de forma angulosa y muy fácil cuando está hidratada, pero al perder el agua se endurece; 3) se observa una zonación de colores, presentando en la superficie negruzca hasta una profundidad de los primeros milímetros y luego le continúa una especie de aureola amarillento-ferrosa de espesor variable y, finalmente pasa a amarillento-crema; 4) la superficie negruzca presenta un micro relieve esquelético, semejante a una escoria volcánica, compuesto por oquedades de disolución y sustitución del material calcáreo; 5) hay un aroma probablemente metanogénico y 6) sobre la superficie del material rocoso se localizó una comunidad bentónica incrustante y de forma libre adherida, como tubos de gusanos serpúlidos, esponjas pequeñas de tipo silicoso y corales hermatípicos robustos de diámetro máximo de 2,5 cm; así como una colonia bien desarrollada de hidrozoos y fauna críptica (camuflada), con pólipos de coloración rosada y blanco-crema y una ramificación bifurcada, ocupando un 80-90 % del área de la superficie. Otros organismos recuperados fueron restos de ofiuroideos de color escarlata, con un disco de un diámetro aproximado de 1 cm. Los corales muestran una estructura consolidada y sin fosilizar de aragonito, que sirve de soporte para el asentamiento de organismos incrustantes, como los briozoarios. Estos aspectos se ilustran en las Figuras 2, 3, 4 y 5.

La presencia de la mencionada superficie negruzca con aspecto de carsificación, de la aureola que la circunda y la presencia de fauna, constituidas en un arrecife, pudiera ser el resultado de emanaciones de gases, específicamente de metano, a partir de los hidratos de gases (hielo con variados tipos de gases encerrados en su estructura molecular, con predominio del metano

y exceptuando el helio, el hidrógeno y el neón). Se producen en condiciones de presión alta, de temperatura baja y en presencia de gas. Son fácilmente identificables en perfiles de reflexión sísmica, por presentar un reflector paralelo al fondo marino y discordante con los reflectores generados por los contactos litológicos (Shiple, 1979). Sin embargo, en el caso en cuestión no se manifiesta, lo que pudiera estar relacionado con que las emanaciones fuesen muy locales o que se encuentren en un período donde el ciclo de actividad sea mínimo. La periodicidad de este proceso parece confirmarse por la abundancia de fauna muerta en la superficie rocosa, lo cual pudiera ser el resultado de un período de receso del mismo y, por tanto, de carencia de nutrientes para los componentes del arrecife.



Figura 2. Fragmentos angulosos de rocas, donde se observa una zonación de afuera hacia adentro de colores negruzco pardo, amarillento-ferrosa y amarillento-crema parte más fresca); así como restos de la fauna que conforma el arrecife (Figuras 3, 4 y 5)



Nota figura 3. Por las oquedades más profundas se distingue la coloración amarillento-ferrosa de la aureola de oxidación que subyace a la superficie alterada de color oscuro. En el centro, a la izquierda un ejemplar de los ofiuroides. A la derecha, parte superior hidrozoo con pólipos de coloración rosada y ramificación bifurcada, desarrollados sobre corales hermatípicos y sobre la superficie de la roca con coloración naranja-rosácea pólipos aún vivos en el momento de tomar la imagen

Figura 3. Relieve esquelético en la superficie de las rocas



Figura 4. A la izquierda fragmento de un coral hermatípico sobre la roca, en su extremo derecho un organismo (probablemente una esponja) aún vivo en el momento de tomar la imagen, según lo indican los cuatro puntos anaranjados. A la derecha de abajo hacia arriba: coral ramificado, ofiuroides (color escarlata) e hidrozoos (ramificaciones de color blanco-crema)



Figura 5. Base del arrecife con fauna muerta y viva, cubierta parcialmente por la escoria de la superficie alterada de las rocas. Se pueden distinguir gusanos serpúlidos, corales hermatípicos, esponjas e hidrozoos

Importancia de las formaciones coralinas de aguas frías

Por su asociación con una gran riqueza faunística, su diversidad, abundancia y el buen estado de conservación de sus restos al morir, son de gran importancia para las investigaciones biológicas, geológicas y otras ciencias relacionadas. Entre las especies que aquí reciben cobija se encuentran las comerciales, como peces y crustáceos, que hoy día adquieren mayor importancia, ya que la pesquería tradicional cada vez se hace más onerosa.

Otro aspecto importante en el conocimiento de las formaciones coralinas de aguas frías es su estrecha relación, en muchos casos, con emanaciones de gases en el fondo marino, siendo un indicio para la prospección bajo su lecho en distintas partes del planeta de hidratos de gases (hielo con gas encerrado en su estructura molecular en condiciones de alta presión y baja temperatura), en los que se calcula que, incluyendo las zonas con permafrost en tierra, se encuentre el mayor volumen de gas metano *in situ* de los estimados generales, que según

diferentes autores fluctúan entre $2,1 \times 10^{16} \text{ m}^3$ y $4 \times 10^{16} \text{ m}^3$. De ser válidas estas estimaciones la cantidad de metano contenida en los hidratos de gas sería casi dos veces mayor que el total de metano comercial mundial, evaluado en $2.5 \times 10^{14} \text{ m}^3$ y del carbono equivalente a todos los depósitos conocidos de combustibles fósiles (carbón, petróleo y gas natural) (González Pacheco, 2002).

Vulnerabilidad de las formaciones coralinas de aguas frías

Desafortunadamente, la pesca conspira contra la conservación de las formaciones coralinas, por su vulnerabilidad ante a las perturbaciones causadas por las artes de pesca, como palangres de fondo, redes de arrastre de fondo y trampas. El impacto negativo ya es notable en arrecifes del océano Atlántico. También son vulnerables ante la exploración y extracción de minerales e hidrocarburos, el tendido submarino de cables, el vertido de desechos y otras acciones que puedan alterar la estabilidad ecosistémica del fondo marino. Se estima que una vez dañados los corales y las comunidades que ellos sustentan pueden tardar siglos en recuperarse, si es que lo logran (Reyes, 2019). Algunos países como Noruega, Irlanda, Reino Unido y Estados Unidos ya han dispuesto medidas de protección para algunos de sus arrecifes de corales fríos, como en Darwin Mounds, al noroeste de las costas de Escocia.

En algunas investigaciones se afirma que la acidificación de los océanos afecta negativamente la capacidad de los corales fríos para crecer y mantener sus estructuras, principalmente por la circulación termohalina, razón por la cual grandes arrecifes en todos los océanos han sido estudiados y protegidos por gobiernos y convenciones internacionales (Dobrzynski et al., 2002; WWF, 2004; Roberts y Hirshfield, 2004; Bostock et al., 2004). Noruega, Irlanda, Reino Unido y los Estados Unidos de Norteamérica han incluido sus corales de agua fría en zonas protegidas y áreas especiales de conservación. En el Reino Unido están protegidos por la *United Kingdom Biodiversity Action Plan*, que fue la respuesta del gobierno de esa nación al Convenio sobre la Diversidad Biológica celebrado en la Cumbre de la Tierra de Río de Janeiro, en 1992. El estado español ha propuesto la inclusión del Cañón de Avilés en la Red Natura 2000, como Lugar de Interés Comunitario, protegiendo este enclave marino donde se encuentra, entre otras especies de interés ecológico, un importante arrecife de *Lophelia pertusa*.

CONCLUSIONES

Los datos aquí ofrecidos sobre los corales fríos constituyen resultados de estudios preliminares, que necesitan aún de mucha más investigación. Pero, evidentemente, como se muestra a través de este breve recorrido, el descubrimiento de esta otra parte del mundo de los corales tiene importantes implicaciones en distintas investigaciones bio-geocientíficas:

1. Conlleva a reconocer dos grandes grupos actuales de corales de acuerdo a la temperatura de las aguas de su hábitat: templadas y frías, que probablemente siempre han existido, en consecuencia, la presencia de corales fósiles no siempre pudiera corresponder a un ambiente tropical de aguas neríticas, como tradicionalmente se asumía. La profundización en este aspecto permite hacer correcciones paleoclimáticas, ayudando a comprender mejor las variaciones en general del clima del pasado, la temperatura, la salinidad y el pH del agua del mar.
2. Permite elevar el conocimiento, en general, de los ecosistemas marinos actuales desarrollados en condiciones marinas extremas de bajas temperaturas, pobre oxigenación, hasta de altas presiones y grandes profundidades.
3. Permite conocer mejor el papel ecológico de las estructuras coralinas de aguas frías (arrecifes, parches, bancos y arboledas) en la sustentabilidad de los importantes ecosistemas formados por las numerosas especies asociadas a ellas, de las que reciben

- cobija para su reproducción y desarrollo, nutrientes y protección contra las corrientes marinas fuertes y los depredadores.
4. Surgen nuevas premisas e indicios para la prospección de gas metano en el fondo de los mares y océanos.
 5. Sugiere que los corales de aguas frías, como los de aguas templadas, deben ser tenidos en cuenta para su protección ambiental, particularmente ante actividades antrópicas, como la pesca, prospección y extracción de hidrocarburos, el calentamiento global y la acidificación de los océanos. Ellos son un maravilloso mundo escondido en los mares y océanos, aun por explorar, pero que puede ser fácilmente arruinado si no se asume la responsabilidad requerida para proteger y preservar sus frágiles hábitats.

REFERENCIAS

- Avello, O. & Pavlidis, Y. A. (1986): *Sedimentos de la plataforma cubana. II. Golfos de Ana María y Guacanayabo*. Rep. Invest. No. 7. Inst. Geol. Paleont. ACC. 27 p.
- Anthony, L. (2021): *Arrecifes de aguas frías: Un paraíso invernal escondido*. <https://reefbites.com/2021/02/11>.
- Bostock, T., Greenhalgh, P. & Kleih, U. (2004): *Policy Research - Implications of Liberalization of Fish Trade for Developing Countries*. Chatham, UK. Natural Resources Institute. Rome, FAO.
- Cabrera, M. & Batista, R. (2009). *Naturaleza geológica del territorio marino-costero de Cuba en el Cuaternario*. CNDIG., Inst. Geol. Paleont. CD ROM. ISBN: 978-959-7117-17-9.
- Cañete, J. & Haussermann, V. (2012): La vida colonial bajo el sistema de la corriente de Humboldt: corales de aguas profundas en el monte submarino. *Aquat. Res.* 40 (2). 467-472.
- Cárdenas, C., Van Ofwegen, L., Montiel, A. & Schories, D. (2008): Primeros registros de Octocorallia (*Cnidaria: Anthozoa*) para la reserva de biosfera Cabo de Hornos, Región Magallánica, Chile. *Anales del Instituto de la Patagonia*. 36 (1). 45-52.
- Covadonga, O., Gori, A. & María Gili, J. (2007): Corales fríos. *Investigación y Ciencia*. 369. 32-33.
- Dobrzynski, T., Gray, C. & Hirshfield, M. (2002): *Oceans at Risk: Wasted Catch and the Destruction of Ocean Life*. Washington, DC. OCEANA Report.
- Freiwald, A. (2002): Reef-forming cold-water corals. In: Wefer, G., Billett, D., Hebbeln, D., Jorgensen, B., Schlüter, M., Tjeerd CE. & van Weering, E. (Eds.). *Ocean margin systems*. Springer. p 365-385.
- González Pacheco, E. (2002): Hidratos de gas (Primera Parte). *Revista de Marina*. 2. 168-177.
- Haussermann, V. & Forsterra, G. (2007): Extraordinary abundance of hydrocorals (Cnidaria, Hydrozoa, Stylasteridae) in shallow water of the Patagonian fjord region. *Polar Biology*. 30. (4). 487-492.
- Ionin, A. S., Pavlidis, Y. A. & Avello, O. (1977): *Geología de la plataforma marina insular de Cuba*. Ed. Naúka. 277 p.
- Lockhart, S. & Jones, C. (2008): Biogeographic patterns of benthic invertebrate megafauna on shelf areas within the Southern Ocean Atlantic sector. *CCAMLR Science*. 15. 167-192.
- Maier, C., Watremez, P., Taviani, M., Weinbauer, G. & Gattuso, J. (2012): Calcification rates and the effect of ocean acidification on Mediterranean cold-water corals. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*. 279 (1734). 1716-1723.
- Reyes, R. (2019): Presencia de corales de aguas frías (Cnidaria: Anthozoa e Hydrozoa) en aguas profundas (306 - 2250 m) de la región de Magallanes, Chile. *Anales Instituto Patagonia (Chile)*, 47 (1).
- Roark, E., Guilderson, T., Dunbar, R., Fallon, S. & Mucciarone, D. (2009): Extreme longevity in proteinaceous deep-sea corals. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 106 (13). 5204-5208.

- Roberts, S. & Hirschfield, M. (2004). Deep-sea corals. out of sight, but no longer out of mind. *Frontiers in Ecology and the Environment*. 2(3). 123-130.
- Rogers, A. (2004). *The Biology, Ecology and Vulnerability of Deep-Water Coral Reefs*. British Antarctic Survey, Cambridge. <https://www.iucn.org> .
- Slattery, M. & McClintock, J. (1995). Population structure and feeding deterrence in three shallow-water Antarctic soft corals. *Marine Biology*. 122 (3) 461-470.
- Shipley, T. H., Houston, M. H., Buffler, R. T., Shaub, F. J., Mcmillen, K. J., Laod, J. W. & Worzel, J. L. (1979): Seismic Evidence for Widespread Possible Gas Hydrate Horizons on Continental Slopes and Rises. *A.A.P.G. Bull.* 63. 2204-2213.
- Somoza, L. (2000): *El gas "helado inflamable": el futuro de la investigación de los fondos marinos para la próxima década. En: Los gases hidratados: una revolución científica, económica y medio-ambiental.* Instituto Tecnológico Geo-Minero de España (ITGE). <http://www.bio.psu.edu/cold-seeps/>
- Peckett, F. (2003): *Lophelia pertusa. A cold water coral. Marine Life Information Network: Biology and Sensitivity Key Information Sub-programme.* Plymouth: Marine Biological Association of the United Kingdom. <http://www.marlin.ac.uk/speciesfullreview.php?speciesID=372>
- Van Dover, C., Aronson, J., Pendleton, L., Smith, S., Arnaud-Haond, S., Moreno-Mateos, D., et al. (2014): Ecological restoration in the deep sea: Desiderata. *Marine Policy*. 44. 98-106.
- Vela, A. (2022): Descubierta una rica vida submarina bajo el hielo de la Antártida en la inmersión más al sur de la historia. *National Geographic*. <https://www.nationalgeographic.com.es> .
- Wilson, J. B. (1979): "Patch" development of the deep-water coral *Lophelia pertusa* (L.) on Rockall Bank. *J. Marine Biology. Ass. UK.* 59. 165-177.
- World Wild Fund for Nature (WWF) (2004): *Cold-water corals: fragile havens in the deep.* ©WWF-Canon/Erling SVENSEN. <https://wwfint.awsassets.panda.org/downloads/cwcbrochure.pdf>
- Zlatarsky, V. & Martínez-Estalella, N. (1982): *Les Scléactiniaires de Cuba.* Ed. de l'Academie bulgare des Sciences. Sofía. 471 p.

Miguel Cabrera Castellanos. Ingeniero geólogo-minero, graduado en el Instituto de de Geología y Minería de San Petersburgo, año 1982. Especialidad Geología Marina, Investigador Auxiliar, Especialista de Alto Nivel y Profesor Universitario. Ha recibido numerosos cursos de postgrado en Cuba, Argentina y Hungría. Tiene larga experiencia en investigaciones geológicas marinas en Cuba y su zona económica exclusiva, para diferentes objetivos. Sus resultados se destacan en los mapas geológicos de Cuba 1: 500 000, 1: 100 000 y el Neotectónico 1: 500 000; así como en decenas de informes, publicaciones en revistas y libros y la participación en eventos nacionales e internacionales. Desde 2016 labora en la Comisión de Redacción del Mapa Geológico 1: 50 000 de Cuba.