

ECOLOGÍA Y BIODIVERSIDAD DE UN ARRECIFE FORMADO POR
PHRAGMATOPOMA CAUDATA KRØYER IN MÖRCH
 (CANALIPALPATA: SABELLARIIDAE) EN REPÚBLICA DOMINICANA

Francisco Santos-Mella ¹, Alexandra Contreras-Puigbó ², Enrique Pugibet ² y Diego V. Rivas ²

¹Acuario Nacional de Santo Domingo. Av. España núm.75, Sans Souci, Santo Domingo Este 11603.

²Centro de Investigaciones de Biología Marina (Cibima). Av. Alma Mater. Santo Domingo, 10105 República Dominicana. franciscosantasmella@gmail.com ¹

RESUMEN

Se evaluó un arrecife formado por *Phragmatopoma caudata* (Canalipalpata: Sabellariidae), ubicado en Barco Viejo o Playa Desembarco, provincia Samaná, República Dominicana. Este tipo de arrecife está compuesto por los restos de sedimentos y rocas que son gradualmente depositados a través del tiempo por estos gusanos sabeláridos. El arrecife tiene una longitud de 115 m en total, 1.59 m de altura máxima y 19.58 m de ancho máximo, formando dos peldaños. La arena colectada en el arrecife y la playa presentaba granulometría variada, en la que los granos de arena de la playa se encontraron más pequeños que los granos de la arena de arrecife. Los diámetros de los tubos de gusano no superaron los 4 mm de ancho y 5.5 cm de altura. Hubo una disminución en la población de gusanos durante el tiempo abarcado por este estudio. Se registraron 19 especies de diferentes filos en el arrecife. El índice de Margalef fue de 5.04, el cual está por encima del máximo común. El índice de Shannon fue valorado en 0.54, el cual se considera extremadamente bajo. En base a estos resultados se infiere que la morfología de este arrecife proporciona arena a la playa y la protege de las condiciones ambientales adversas. Este arrecife es un foco de biodiversidad en la zona.

Palabras clave: arrecife biogénico, *Phragmatopoma caudata*, biodiversidad, ecosistema, importancia ecológica.

MORPHOLOGY AND BIODIVERSITY OF A REEF FORMED BY
PHRAGMATOPOMA CAUDATA KRØYER IN MÖRCH
 (CANALIPALPATA: SABELLARIIDAE) IN DOMINICAN REPUBLIC

ABSTRACT

The reef of *Phragmatopoma caudata* (Canalipalpata: Sabellariidae) in Barco Viejo or Desembarco Beach, Samaná, Dominican Republic, was evaluated. This type of reef is composed by the remains of sediments and rocks that are progressively cemented by these sabellariid worms over time. The reef is 115 m long, 1.59 m of maximum height, and 19.58 m of maximum width, forming two shelves. The sand particles in the reef and those present in the beach had different particle size; beach particles were smaller than those present in the reef. The worm tube diameter was on average 5.5 cm long and 4 mm in wide. The worm population study suggests that there was a decrease in the population. Nineteen species of different phyla were recorded from the reef. The Margalef index was 5.04, which is above the common maximum. Shannon index value rated 0.54, which is considered extremely low. Based on these results, it may be inferred that the morphology of this reef provides the beach with sand and protects it from adverse environmental conditions. This reef is a place with high biodiversity in the area.

Keywords: biogenic reef, *Phragmatopoma caudata*, biodiversity, ecosystem, ecological importance.

INTRODUCCIÓN

El anélido marino *Phragmatopoma caudata* Krøyer in Mörch pertenece a la familia Sabellariidae. Esta familia fue propuesta por Johnston (1865), quien resaltó que estos gusanos típicamente construyen tubos de arena adhiriéndose a un sustrato firme y pueden formar arrecifes (Posey *et al.*, 1984). Esta especie fue reportada para la República Dominicana por Kirtley (1994). Es la misma que forma el arrecife de St. Croix, U.S. Virgin Islands, el cual fue el primer arrecife formado de gusanos reportado para el Caribe (McCarthy *et al.*, 2008). Se caracterizan por construir extensos macizos arenosos deformados por olas a lo largo de costas tropicales y subtropicales, los cuales podrían ser uno de los agentes productores importantes de arrecifes en el mundo por su habilidad de extender rápidamente sus colonias (Kirtley y Tanner, 1968). Para formar el arrecife utilizan un pegamento proteico rico en glicina, tirosina, alanina, histidina, lisina y residuos básicos con pH entre 8.2 y 9.7 (Becker *et al.*, 2012). Estas estructuras contienen restos de sedimentos y rocas, agregados por los gusanos (Holt *et al.*, 1998). Wilson (1971) contrastó el crecimiento de colonias de sabeláridos con las variaciones estacionales y comprobó la resistencia a los fenómenos naturales de estos gusanos.

La formación de estos arrecifes por los gusanos está relacionada con la gran energía de ola que poseen las playas donde se encuentran localizados, debido a que los gusanos dependen de la suspensión del sedimento para fabricar sus tubos (Multer y Milliman, 1967). Existe la posibilidad de que estos arrecifes formen y protejan playas e intervengan en la evolución de la línea de costa (Gram, 1968), con lo que estos pueden servir para proteger la costa del fuerte oleaje (Achary, 1974). En todos los lugares muestreados por Lindeman y Snyder (1999) encontraron que el 80% de los peces eran juveniles, lo que podría significar que estos arrecifes sirven de refugio para las etapas juveniles de muchas especies, aumentando así las posibilidades de supervivencia de éstas y por tanto el aumento de la población. La información sobre los arrecifes de gusanos poliquetos es escasa para el área del Caribe. Pugibet (2009) reportó un arrecife de gusanos en Playa La Cana, próximo a la boca del Caño Celedonio, localizada en el municipio de Miches. Con este estudio se buscaba describir la morfología del arrecife formado por el gusano sabelárido *Phragmatopoma caudata* y estimar su biodiversidad para hacer una apreciación sobre su importancia ecológica.

OBJETIVOS

- Describir la morfología de un arrecife formado por el gusano sabelárido *Phragmatopoma caudata*.
- Estimar la biodiversidad de este arrecife para apreciar su importancia ecológica.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio. La Península de Samaná se sitúa al noreste de la Española, limitada al sur por la Bahía de Samaná, al este y norte por el océano Atlántico y se une a la isla por el extremo oeste mediante el istmo de Samaná. Un rasgo distintivo del litoral norte de Samaná es la forma irregular de la línea de costa, en la que se alternan entrantes y salientes, formando playas arenosas continuas, abiertas y sin barreras (Gerald y Vega, 1995). En la zona marina somera se localizan formaciones arrecifales sumergidas. Estos arrecifes sufrieron daños importantes en años recientes. La evidencia de esto son los abundantes y grandes esqueletos remanentes de corales muertos, principalmente de la especie *Acropora palmata* Lamarck, lo que sugiere una mortandad masiva en fecha desconocida (Gerald y Cortés, 2003).



FIGURA 1. Mapa de Playa Barco Viejo, Samaná. La mancha oscura constituye el arrecife. Imagen satelital de Google Earth tomada el 17 de marzo del 2014.

En el litoral norte de esta península se encuentra Playa Barco Viejo o Del Desembarco ($19^{\circ}19'04.6''$ N, $069^{\circ}33'46.6''$ W) con 225 m de longitud (fig. 1). Aproximadamente a 10 m de esta playa se encuentra la cañada El Jobo, la cual aporta agua dulce a la playa.

Metodología. Se realizaron colectas el 25 de septiembre del 2015 y el 21 de noviembre del 2015. En primer lugar, se tomaron la altura, el ancho y el largo del arrecife para delimitar el área de muestreo, y para ello se utilizó una cinta métrica Lufkin FM050CM 13 mm x 50 m. Para determinar la composición del sedimento se tomó una muestra de 50 gr de arena en la duna de la playa y otra muestra de 50 gr de arena proveniente de la parte central arrecife. Las muestras fueron pesadas con una balanza de precisión Rice Lake TP-420N. Estas muestras fueron secadas en un horno por 30 minutos, y luego cernidas con tamices U.S.A Standard Testing Sieve, de los cuales se utilizaron los números 20 (aberturas de $850\ \mu\text{m}$), 35 (aberturas de $500\ \mu\text{m}$), 40 (aberturas de $425\ \mu\text{m}$), 60 (aberturas de $250\ \mu\text{m}$) y 70 (aberturas de $212\ \mu\text{m}$) para determinar su porcentaje de grosor y catalogarlas como arenas muy gruesa, gruesa, mediana, fina y muy fina (Wentworth, 1922). Esta clasificación puede servir para determinar el origen de la arena presente en la playa y el arrecife. Para determinar si un tipo de arena es terrígena se realizó una prueba magnética con un imán circular de 10 cm de diámetro con el fin de encontrar partículas de hierro, las cuales son características de este tipo de arena (Sandoval-Vallejo *et al.*, 2013).

Para estudiar la estructura poblacional de los gusanos en el arrecife se utilizó una variación de la metodología de McCarthy *et al.* (2008), la cual consistió en extraer un pedazo de la parte central y en un punto máximo de altura del arrecife (1.59 m), éste se cortó en el laboratorio en diez bloques de aproximadamente $5\ \text{cm}^3$. Se determinó el número de tubos por bloque y se midió el diámetro de la apertura de cada tubo para determinar la edad aproximada del gusano, usando la escala de McCarthy *et al.* (2008): los tubos de más de 6.5 mm de diámetro fueron catalogados como adultos y los tubos de menos de 6.5 mm como juveniles.

Para obtener los datos de biodiversidad en el estudio se utilizó el método de cuadrantes en serie. Este método es una variante del método de intercepción de transecto, pero utilizando cuadrantes en vez de puntos de intercepción (Geraldés y Vega, 2001). La razón de sustituir los puntos de intercepción por cuadrantes es la existencia de algunos organismos errantes que pueden ser un problema a la hora de muestrear en marea alta.

Este método se aplicó de la siguiente manera:

1. Se trazó una línea base de 10 m dentro del arrecife paralelamente a la costa con una cuerda de plomo (Tube Lead Rope) de 15 m, colocada a cuatro metros desde la costa.

2. A lo largo de la línea base y tomando un margen de un metro de esta, fueron muestreados en total ocho cuadrantes utilizando un cuadrado de Policloruro de vinilo (PVC) de 1 m². Estos cuadrantes fueron determinados colocando el cuadrado a ambos lados de la cuerda de manera aleatoria ocho veces, tomando la precaución de que los cuadrantes no se solaparan entre sí.

3. Luego de colocar cada cuadrante, se permitió que entraran en estelas especies errantes durante un minuto.

4. Todos los organismos localizados en los cuadrantes fueron anotados y fotografiados (en algunos casos se colectaron especímenes) para su posterior identificación hasta nivel de género utilizando claves taxonómicas.

La biodiversidad del arrecife fue estimada mediante el índice de Margalef (Margalef, 1958) para determinar la riqueza de especies y el índice de diversidad de Shannon (Shannon y Weaver, 1949). El primero está basado en la presunta relación lineal entre el número de especies y el logaritmo de la cantidad de individuos observados. Su escala va de 2 (bajo) a 4.5 (alto). El segundo mide el grado promedio de incertidumbre en predecir a que especie pertenecerá un individuo escogido al azar de una colección, asume que los individuos son seleccionados al azar y que todas las especies están representadas en la muestra. Su escala va de 0 en adelante, aunque en la mayoría de los casos nunca sobrepasa los 5 puntos (Margalef, 1972).

RESULTADOS

La playa en su totalidad posee 225 m de longitud. El arrecife tiene 115 m de largo, una altura máxima de 1.59 m y un ancho máximo de 19.58 m, contando con dos peldaños (fig. 2). El primero es más somero, teniendo una altura de 0.59 m y un ancho de 4.58 m desde el borde de la playa hasta el inicio del segundo peldaño. El segundo peldaño inicia en la pared del primero, tiene una altura de 1 m y un ancho de 15 m. La arena colectada en el arrecife y la playa presentó una granulometría variada siendo más fina en la playa que en el arrecife (Tabla I). La arena colectada en la playa posee en su mayoría granos menores de 212 μm^3 mientras que la colectada en el arrecife posee en mayor cantidad granos de 425 μm^3 a 250 μm^3 de volumen. Se registró una pérdida de arena en el procesamiento debido a la manipulación en el laboratorio.

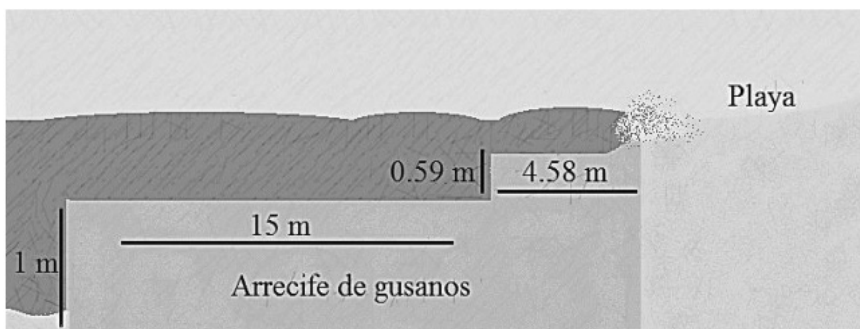


FIGURA 2. Morfología del arrecife de gusanos de Playa Barco Viejo.

TABLA I.

Datos granulométricos del arrecife de gusanos y Playa Barco Viejo.

Rango de tamaño de grano de arena	Playa		Arrecife	
	Peso (g)	Porcentaje (%)	Peso (g)	Porcentaje (%)
2000-850 μm^3 (Arena muy gruesa)	0.2	0.4	6.131	12.262
850-500 μm^3 (Arena gruesa)	0.174	0.348	12.164	24.328
500-425 μm^3 (Arena mediana)	0.053	0.106	3.774	7.548
425-250 μm^3 (Arena mediana)	10.065	20.13	18.981	37.962
250-212 μm^3 (Arena fina)	10.079	20.158	3.097	6.194
212-60 μm^3 (Arena muy fina y limo)	29.113	58.226	5.282	10.564
Total	49.684	99.368	49.429	98.858
Pérdida de arena en el procesamiento	0.316	0.632	0.571	1.142

Se encontraron gusanos en 51 (34.93%) y 33 (19.88%) tubos en la primera y la segunda muestra, respectivamente. Esto sugiere que hubo un descenso en la población (fig. 3). La altura promedio de los tubos fue 5.5 cm mientras que el diámetro de los tubos mantuvo un rango entre 1 mm y 4 mm, siendo los tubos colectados en el primer muestreo más grandes que en el segundo muestreo.

Se registraron 154 individuos, distribuidos en 37 especies. La especie con más individuos presentes fue *Echinometra lucunter* con 137 individuos, constituyendo un 89%, mientras que el grupo más representado a nivel de especie fue Chlorophyta con un total de ocho especies.

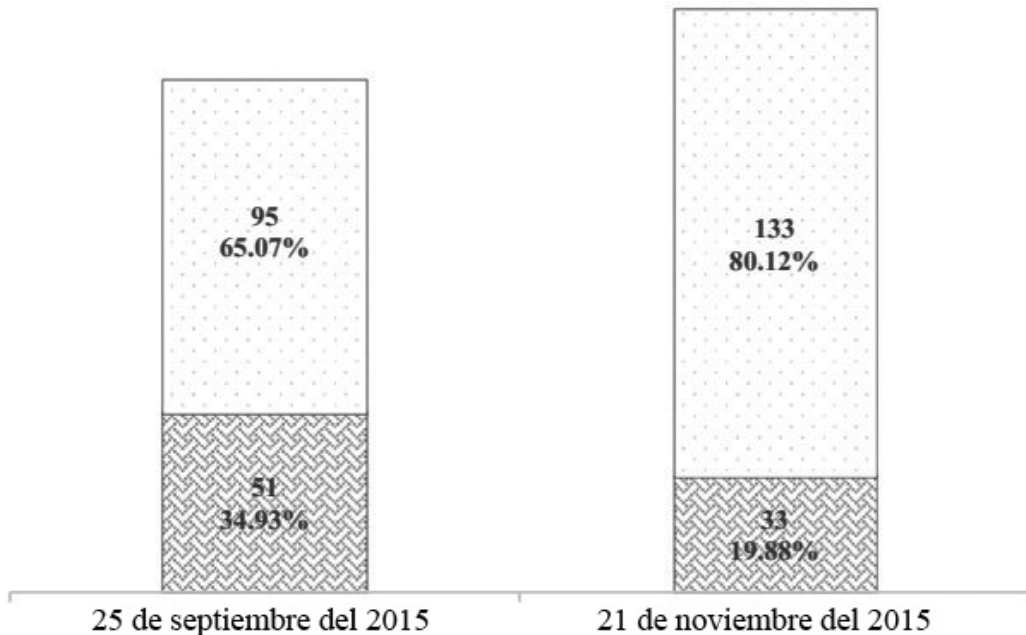


FIGURA 3. Cantidad de tubos llenos y vacíos encontrados en la muestra. En color blanco los tubos vacíos y en gris los tubos llenos.

DISCUSIÓN

El arrecife posee una gran extensión (2.5 km²) en comparación a la longitud de la playa (225 m). Otros arrecifes, como el Saint-Anne (2 202 km²) y el Champeaux que tiene (290 km²), ubicados en la bahía de Mont-Saint-Michel en Francia (Desroy *et al.*, 2011), poseen una gran longitud en comparación con la de Playa Barco Viejo, pero hay que considerar que la bahía de Mont-Saint-Michel tiene una longitud de aproximadamente 1 km (Larsonneur, 1975), mientras que Playa Barco Viejo solo cuenta con 213 m de longitud.

La arena encontrada en el arrecife es más gruesa que la arena encontrada en la playa. Según la clasificación de (Wentworth, 1922) el tipo de arena predominante en el arrecife es “arena mediana”, mientras que la predominante en la playa es “arena muy fina” y “limo” (Tabla I). Cabe destacar que los rangos de tamaños entre estos tipos de arena son muy amplios y que además de implicar una gran diferencia entre la composición de estas también sugiere la posibilidad de que la playa está recibiendo arena de una fuente distinta al mar. La arena encontrada en el arrecife presentó una composición más variada que la arena de la playa. Esto se ve reflejado en el porcentaje del tipo de arena más abundante (arena mediana), el cual solo constituyó el 37.962 % de la muestra, distribuyéndose el 60.896 % restante en los demás tipos de arena. La arena encontrada en la playa es más homogénea, puesto que el porcentaje del tipo de arena más abundante (arena muy fina y limo) es de 58.226 %, distribuyéndose solo el 41.142 % de la arena en los demás tipos de arena.

La principal causa de estas diferencias de tamaño en la arena del arrecife y la playa es la agregación selectiva de materiales tales como conchas, sedimentos y rocas por los gusanos al arrecife biogénico, el cual aporta la arena que se forma con la degradación de estos materiales convirtiéndola en arena biogénica por lo que la hace más gruesa, mientras que la arena encontrada en la playa posee hierro (comprobado por medio de una prueba magnética) que es una característica de arena terrígena. Es posible que la arena encontrada en la playa reciba material de la cañada, puesto que la arena terrígena es común en los cauces de agua dulce.

Este arrecife de gusanos, basado en el diámetro máximo de los tubos encontrados (4 mm) es relativamente joven. También puede ser que el muestreo haya coincidido con un episodio de reclutamiento reciente. Basándose en la longitud de los gusanos, la población del arrecife actual tiene aproximadamente 6 meses de formada. Se pudo observar una baja en la población entre aproximadamente un 15%, según los datos que arrojó el conteo de tubos llenos, aunque en el segundo muestreo fueran encontrados más tubos. Cabe destacar que no ha ocurrido ningún desastre natural recientemente en esa área, lo que significa que las condiciones medioambientales no se extremaron a tal punto de afectar a las larvas y por tanto entorpecer la fase de reclutamiento por parte de estas, no justificando así la baja poblacional que está experimentando el arrecife en este momento.

Tomando en cuenta el área total muestreada, el arrecife contó con una cantidad considerable de especies, pero lo interesante es la variedad taxonómica de éste, pues las 37 especies encontradas se distribuyeron en 11 filos. El grupo de las comúnmente llamadas algas, el cual está representado en el arrecife por los filos Chlorophyta, Rhodophyta y Ochrophyta (Guiry y Guiry, 2015) fue el más abundante, con 17 especies en total (Tabla II). Estas presentaron una gran cobertura en el arrecife y estuvieron presentes en todos los cuadrantes. Este fenómeno no es un signo positivo ya que estas crecen mayormente sobre sustrato inerte, lo que en el caso del arrecife de gusanos sería en los tubos vacíos, lo cual es respaldado por la cantidad de tubos vacíos en la muestra.

En cuanto la cuantificación de la diversidad, la riqueza de especies en el arrecife según el índice de Margalef fue extremadamente alta (5.04), sobrepasando el valor máximo común de la escala, lo que nos indica que el arrecife cuenta con una cantidad de especies considerable en función de la cantidad de individuos colectados. Sin embargo, el índice de Shannon fue muy bajo (0.54), indicando poca homogeneidad entre las poblaciones de esta comunidad arrecifal. Estos índices discreparon en la salud ecológica del arrecife debido a los parámetros que toman en cuenta para determinarla. El hecho de que la especie *Echinometra lucunter* Linnaeus contara con más del 74% de los individuos muestreados fue la principal causante de esta variabilidad entre los índices. El índice de Margalef solo toma en cuenta el número de especies y de individuos en general, por lo que el alto número de individuos de *E. lucunter* registrados no afectó el resultado del cálculo. El índice de Shannon, por el contrario, toma en cuenta la proporción de individuos por especie, por lo que el número de individuos de *E. lucunter* encontrado afectó considerablemente el valor de este índice. De manera que el arrecife tiene un alto número de especies, pero en proporciones muy desiguales.

Debido a la gran diversidad de microhábitats proporcionada por las formas irregulares de los arrecifes de gusanos, sirven como posibles santuarios para una cantidad considerable de especies sésiles y errantes (Holt *et al.*, 1998). Estos hábitats tienden a albergar especies adultas y juveniles de peces que poseen un alto valor comercial (McCarthy *et al.*, 2008), así como organismos que contribuyen a mantener el equilibrio ecológico dentro del ecosistema. Estos tipos de arrecifes también sirven como una barrera protectora para el litoral, proporcionando amortiguación física contra las mareas (Achary, 1974). Desde un punto de vista geomorfológico, estudios previos han confirmado que estos arrecifes de gusano, de hecho, protegen las costas de la erosión y la degradación de los tubos de gusano son importantes para la producción de arena y la captura de sedimentos (Multer y Milliman, 1967). A pesar de que son características muy típicas de la mayoría de estos ecosistemas de arrecifes de gusanos, se han descrito muy raramente y la información disponible sobre estos arrecifes es especialmente escasa para el área del Caribe (Kirtley, 1994). Debido a su frágil estructura y ubicación, este arrecife podría verse afectado por la exposición a las actividades humanas y debería estar sujeto a una gestión y regulación cuidadosas.

AGRADECIMIENTOS

A Daniel McCarthy por su colaboración con la identificación de especímenes, Heriberto Encarnación, Carolina Hierro y Francisco Paz por su asistencia en el viaje de colecta de datos. Una mención especial a Nicolás Mejía, Ana Carolina Hernández, Andreina Valdez y Estefany Vargas por su ayuda en el procesamiento de las muestras.

LITERATURA CITADA

- Achary, G. 1974. Polychaetes of the family Sabellariidae with special reference to their intertidal habitat. *Proceedings of the Indian National Science Academy*, 38: 442-455.
- Becker, P. T., A. Lambert, A. Lejeune, D. Lanterbecq, y P. Flammang. 2012. Identification, characterization, and expression levels of putative adhesive proteins from the tube-dwelling polychaete *Sabellaria alveolata*. *The Biological Bulletin*, 223: 217-225.
- Desroy, N., S. Dubois, J. Fournier, L. Ricquiers, P. Le Mao, L. Guérin, D. Gerla, M. Rougerie y A. Legendre. 2011. The conservation status of *Sabellaria alveolata* (Polychaeta: Sabellariidae) reefs in the Bay of Mont-Saint-Michel. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 21: 462-471.

- Geraldes, F. y J. Cortés. 2003. The coral reefs of the Dominican Republic. Latin American coral reefs. Elsevier, Amsterdam, 77-110.
- Geraldes, F. y M. Vega. 1995. Reporte sobre Evaluaciones Ecológicas en los Ambientes Arrecifales y Zona Costero-Marina de Las Terrenas, El Portillo, Puerto Escondido, y Cabo Cabrón, Península de Samaná, República Dominicana, 24-25 de septiembre del 1995. Fundación Dominicana Pro-Investigación y Conservación de los Recursos Marinos. Inc. 54 pp.
- Geraldes, F. y M. Vega. 2001. Manual de metodos para el estudio y monitoreo de ecosistemas costeros marinos tropicales, 154 pp.
- Gram, R. 1968. A Florida Sabellariidae reef and its effect on sediment distribution. *Journal of Sedimentary Research*, 38: 863-868.
- Guiry, M. y G. Guiry. 2015. AlgaeBase. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway, 2014. Recuperado el 10 de junio de 2016: <http://www.algaebase.org/>.
- Holt, T., E. Rees, S. Hawkins y R. Seed. 1998. Biogenic reefs (Volume IX). An overview of dynamic and sensitivity characteristics for conservation management of marine SACs. 174 pp.
- Johnston, G. 1865. A catalogue of the British non-parasitical worms in the collection of the British Museum. order of the Trustees, 434 pp.
- Kirtley, D. W. 1994. A review and taxonomic revision of the family Sabellariidae Johnston, 1865 (Annelida: Polychaeta). Sabecon Press, 223 pp.
- Kirtley, D. W. y W. F. Tanner. 1968. Sabellariid worms: builders of a major reef type. *Journal of Sedimentary Research*, 38 (1): 73-78.
- Larsonneur, C. 1975. Tidal Deposits, Mont Saint-Michel Bay, France, pp. 21-30. *In* Ginsburg, R.N. (ed.), Tidal Deposits. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, 431 pp.
- Lindeman, K. C. y D. B. Snyder. 1999. Nearshore hardbottom fishes of southeast Florida and effects of habitat burial caused by dredging. *Fishery Bulletin*, 97: 508-525.
- Margalef, D. R. 1958. Information theory in ecology. *Society for General Systems Research*, 3: 36-71.
- Margalef, R. 1972. Homage to Evelyn Hutchinson, or why there is an upper limit to diversity. *Connecticut Academy of Arts and Sciences*, 4: 211-235.
- McCarthy, D. A., P. Kramer, J. R. Price y C. L. Donato. 2008. The ecological importance of a recently discovered intertidal sabellariid reef in St. Croix, US Virgin Islands. *Caribbean Journal of Science*, 44: 223-227.
- Multer, H. y J. Milliman. 1967. Geologic aspects of sabellarian reefs, southeastern Florida. *Bulletin of Marine Science*, 17: 257-267.
- Posey, M. H., A. M. Pregnall y R. A. Graham. 1984. A brief description of a subtidal sabellariid (Polychaeta) reef on the southern Oregon coast. *Pacific Science*, 38: 28-33.

- Pugibet, E. 2009. Reporte sobre caracterización marina costera. (Técnico). CIBIMA, FC-UASD, República Dominicana, 2 pp.
- Sandoval-Vallejo, E., W. Campaña-Díaz y A. Cruz-Escobar. 2013. Resistencia a licuación de la arena terrígena de Aguablanca en Santiago de Cali. *Dyna*, 181: 126-135.
- Shannon, C. E. y W. Weaver. 1949. *The mathematical theory of communication* (Urbana, IL. University of Illinois Press IL).
- Wentworth, C. K. 1922. A scale of grade and class terms for clastic sediments. *The Journal of Geology*, 30: 377-392.
- Wilson, D. P. 1971. Sabellaria colonies at Duckpool, North Cornwall, 1961–1970. *Journal of the marine biological Association of the United Kingdom*, 51: 509-580.