







NOTA/NOTE

Dispositivo de recolección para zooplancton asociado a arrecifes de corales mesofóticos

Collecting device for zooplankton associated with mesophotic coral ecosystems

Laura Contreras-Vega^{1*}, Alejandro Henao-Castro¹, Gabriel R. Navas-S.², María Isabel Criales³ y Milena Marrugo Pascuales⁴
 0000-0003-4335-7387  0000-0002-4125-765X  0000-0001-9554-6345  0000-0001-5608-8943  0000-0003-4976-1399

1. Grupo de investigación Biología Descriptiva y Aplicada, programa de Biología, Universidad de Cartagena, Cartagena, Colombia. lcontrerasv@unicartagena.edu.co, hhenao@unicartagena.edu.co
2. Grupo de investigación Hidrobiología, programa de Biología, Universidad de Cartagena, Cartagena, Colombia. gnavass@unicartagena.edu.co
3. Grupo de Estudios e Investigaciones Ambientales, Escuela de Biología, Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia. mcriteria@uis.edu.co
4. Parque Nacional Natural Corales de Profundidad, Parques Nacionales Naturales de Colombia, Cartagena, Colombia. milena.marrugo@parquesnacionales.gov.co

* Autora de correspondencia.

RESUMEN

Los ecosistemas de corales mesofóticos (MCEs) albergan comunidades únicas que no han sido suficientemente estudiadas debido al alto costo de las tecnologías disponibles. Estos arrecifes pueden encontrarse entre 30 y 150 m de profundidad, donde la cantidad de luz incidente es < 10 % de la que llega a la superficie. Las zooxantelas asociadas a estos arrecifes tienen una tasa fotosintética reducida debido a la baja disponibilidad de luz, por lo que el zooplancton se convierte en la principal fuente de alimento para las colonias de coral. Para el estudio de la composición de las comunidades zooplanctónicas asociadas a estos ecosistemas, se diseñó y probó un dispositivo que permitió la recolección de zooplánctones presentes sobre el andamio arrecifal de Bajo Frijol, en el Parque Nacional Natural Corales de Profundidad. El dispositivo consistió en una manguera lastrada que llegaba a la profundidad deseada, conectada al dispositivo recolector, mediante el cual se filtraba el agua gracias a una bomba de succión. La cantidad de agua filtrada, las especies recolectadas y su abundancia permitieron concluir que el dispositivo es una herramienta útil, versátil y económica para la caracterización y el monitoreo de la comunidad zooplanctónica en el Parque Corales de Profundidad, por lo que podría extenderse a otros ecosistemas de arrecifes someros y mesofóticos.

PALABRAS CLAVE: arrecifes mesofóticos, dispositivo de recolección, zooplancton

ABSTRACT

Mesophotic coral ecosystems (MCEs) host unique communities that have not been sufficiently studied due to the high cost of available technologies. These reefs can be found between 30 and 150 m deep, where the amount of incident light is < 10 % of that reaching the surface. The zooxanthellae associated with these reefs have a reduced photosynthetic rate due to the low availability of light, therefore, zooplankton becomes the main food source for the coral colonies. To study the composition of zooplankton communities associated to these ecosystems, a device that allowed the collection of zooplankton present on the Bajo Frijol reef scaffold was designed and tested in the Corales de Profundidad National Natural Park. The device consisted of a weighted hose that reached the desired depth, connected to the collecting device, by means of which the water was filtered using a suction pump. The amount of filtered water, the species collected, and their abundance allowed to conclude that the device is a useful, versatile and economic tool for the characterization and monitoring of the zooplanktonic community in the Corales de Profundidad Park, so it could be extended to other shallow and mesophotic coral ecosystems.

KEYWORDS: mesophotic reefs, collection device, zooplankton

DOI: <https://doi.org/10.25268/bimc.invemar.2020.49.SuplEsp.1043>

Publicado por INVEMAR

Este es un manuscrito de acceso abierto bajo la licencia CC

Reconocimiento-No Comercial-Compartir Igual

Published by INVEMAR

This is an open Access article under the CC BY-NC-SA

Los corales mesofóticos (MCEs) forman arrecifes calcáreos que crecen desde 30 m de profundidad hasta el límite de la zona eufótica (Slattery y Lesser, 2012; Kahng *et al.*, 2014; Laverick *et al.*, 2017). A estas profundidades, las especies de coral cambian su estrategia trófica para contrarrestar la reducción en la tasa de calcificación, causada por la baja radiación fotosintéticamente activa para sus zooxantelas; lo que hacen es sobrevivir alimentándose de zooplancton (Lesser *et al.*, 2009; Bessell-Browne *et al.*, 2014; Nir *et al.*, 2014). Por tal razón, estudiar estos organismos es fundamental para entender los procesos ecológicos que permiten la existencia de estos ambientes únicos.

La mayoría de los registros referentes a la estructura de las comunidades en los MCEs se han enfocado en organismos como corales escleractinios, octocorales, esponjas y peces (Kahng *et al.*, 2014; Scott y Pawlik, 2019) y han dejado a un lado el zooplancton, debido a los altos costos de las tecnologías disponibles (Enrichetti *et al.*, 2019) y a las dificultades para su muestreo en estos ambientes. Por lo anterior, el propósito de este trabajo fue diseñar y probar un dispositivo de succión que permitiera la recolección de agua sobre el sustrato arrecifal para estudiar la comunidad zooplanctónica asociada a los MCEs en Bajo Fríjol, Parque Nacional Natural Corales de Profundidad (PNNCPR).

El dispositivo se construyó con base en el sistema de bombeo, el cual permite el muestreo desde una embarcación al filtrar un volumen conocido a través de una o varias redes de igual o diferente abertura de malla (Jacobs y Grant, 1978). Este sistema también permite trabajar a profundidades específicas y evita la contaminación de la muestra (Sameoto *et al.*, 2000).

El diseño consistió en una manguera de 60 m de longitud y 1,27 cm de diámetro, marcada cada dos metros, y con cuatro lastres de plomo (2 kg) atados al extremo inferior para facilitar su inmersión y su llegada al arrecife (Figura 1A). Esto permitió recolectar muestras de agua sobre el andamio arrecifal y así garantizar que el zooplancton recolectado correspondiera al disponible para la alimentación de los pólipos.

La manguera se conectó a un tubo creador de vacío de 10,16 cm de diámetro y 60 cm de longitud, elaborado con tubería común tipo PVC (Figura 1 y 2A) que llevaba en su interior el tubo recolector (5,08 cm de diámetro y 50 cm de longitud), con espacios tipo ventana de 4 cm de ancho por 40 cm de largo, cubiertos con red de abertura de malla de 45 μ m para retener los organismos (Figura 2B). El tubo creador de vacío continuaba en una manguera corta conectada a una

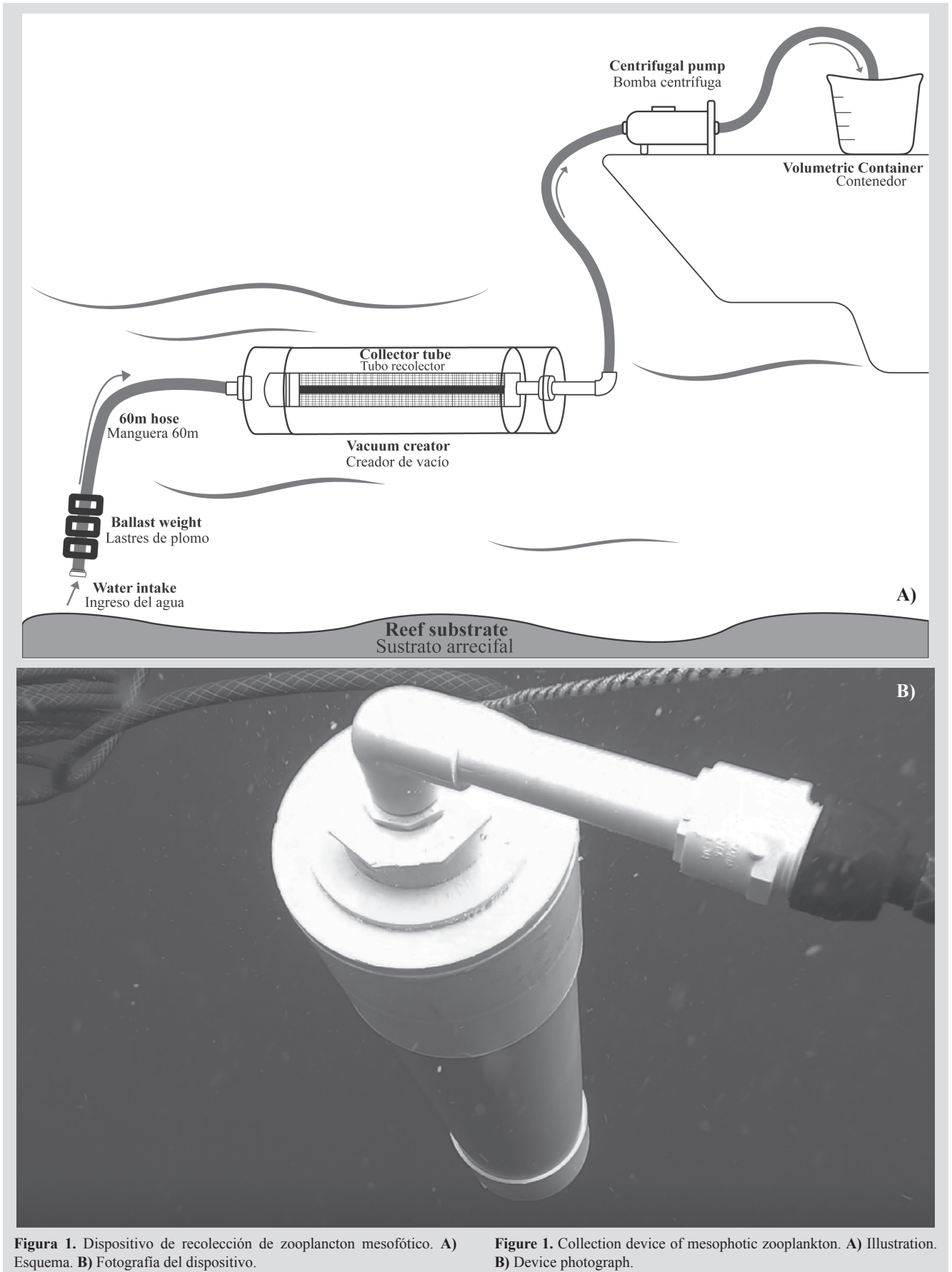
Mesophotic corals (MCEs) are calcareous structures that usually grow from 30 m depth to the euphotic zone limit (Slattery and Lesser, 2012; Kahng *et al.*, 2014; Laverick *et al.*, 2017). At these depths, the low photosynthetically active radiation available for the zooxanthellae cause a reduction in the calcification rate, so the coral species change their trophic strategy, surviving by feeding on zooplankton (Lesser *et al.*, 2009; Bessell-Browne *et al.*, 2014; Nir *et al.*, 2014). Hence, studying these organisms is essential to understand the ecological processes that allow such unique environments.

Most of the reports regarding the structure of communities in MCEs have focused on sessile organisms such as scleractinian corals, octocorals, and sponges, and mobile organisms such as fish (Kahng *et al.*, 2014; Scott and Pawlik, 2019), leaving aside the zooplanktonic communities, due to the high costs of the available technologies (Enrichetti *et al.*, 2019), and the difficulties of zooplankton sampling in these environments. Therefore, the purpose of this work was to design and test a suction device that would allow the collection of water on the reef substrate, to study the zooplankton community associated with MCEs in Bajo Fríjol, Corales de Profundidad National Natural Park (PNNCPR).

The device was built based on the pumping system, which allows the sampling aboard the ship, filtering a known volume through one or more nets, of the same or different mesh size (Jacobs and Grant, 1978). This system also allows working at specific depths and avoids contamination of the sample (Sameoto *et al.*, 2000).

The design consisted of 60 m long and 1.27 cm in diameter gardening hose, marked every two meters, with four ballast weights (2 kg) tied to the lower end to facilitate its immersion and arrival at the reef (Figure 1A). This allowed to collect water samples on the reef substrate, guaranteeing that the zooplankton collected corresponded to that available for feeding the polyps.

The hose was connected to a vacuum creating tube with 10.16 cm diameter and 60 cm length, made with standard type PVC pipes (Figures 1 and 2A), which carried inside the collector tube (5.08 cm diameter and 50 cm length). It has window-like spaces 4 cm wide and 40 cm long, covered with a net (45 μ m mesh size) to retain the organisms (Figure 2B). The vacuum creating tube continued in a short hose connected to a 12 v electric centrifugal pump that suctioned the sea water. Another hose that reached a graduated plastic container, used to estimate the amount of filtered water, on the other side of the pump (Figure 1A).



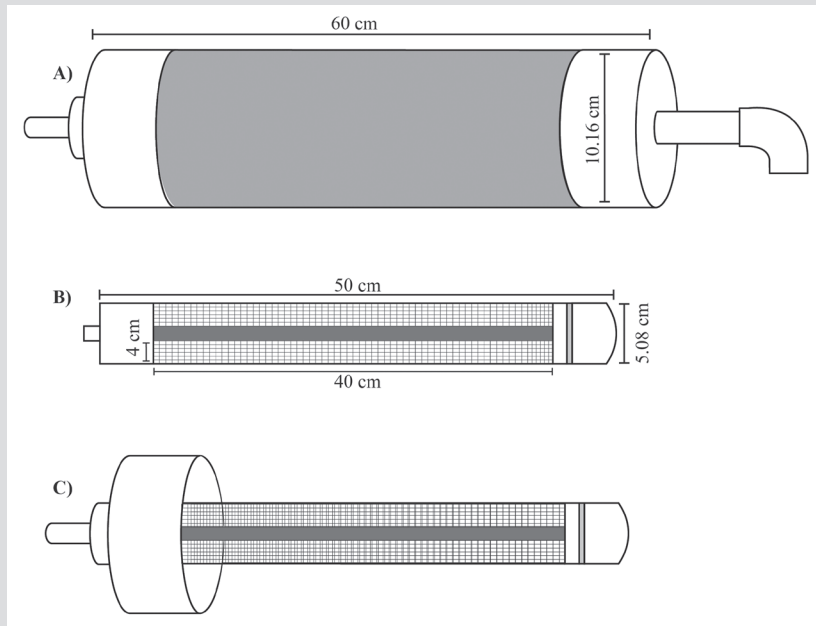


Figura 2. Partes principales del dispositivo de recolección con sus dimensiones. **A)** Tubo creador de vacío. **B)** Tubo recolector. **C)** Tubo recolector conectado al creador de vacío.

Figure 2. Main parts of the collection device with its measures. **A)** Vacuum creator tube. **B)** Collector tube. **C)** Collector tube attached to the vacuum creator tube.

bomba centrífuga eléctrica de 12 v que succionaba el agua de mar. Una manguera que alcanzaba un contenedor plástico graduado, usado para estimar el volumen de agua filtrada, estaba unida del otro lado de la bomba (Figura 1A).

El dispositivo fue probado en una primera campaña de muestreo en agosto de 2016 en el centro de Bajo Fríjol al tomar cuatro muestras, cada una con diferente volumen filtrado: 24 L, 48 L, 72 L y 100 L. Para cada muestra se realizó el conteo y la identificación taxonómica de los organismos hasta la categoría más baja posible. A partir de esta información, se elaboró una curva de diversidad acumulada (índice de Shannon) para determinar si se alcanzó el máximo de información disponible. Adicionalmente, se elaboró una curva de acumulación de especies (Magurran, 2004) con estimadores no paramétricos (Chao 2, JackKnife 1 y Bootstrap) para calcular la riqueza de especies en función del esfuerzo de muestreo, así como un análisis de completitud (JackKnife 1). El análisis, en conjunto con estos estimadores, permitió interpretar mejor la representatividad del muestreo realizado (Moreno, 2001) y calcular el volumen mínimo necesario para caracterizar la comunidad. Para el cálculo de los índices y estimadores se utilizó el programa EstimateS v. 9.1. (Villareal *et al.*, 2004; Bautista-Hernández *et al.*, 2013).

Este diseño inicial puede someterse a modificaciones teniendo en cuenta la pregunta de investigación. Una de estas es la instalación de dispositivos en serie, con recolectores

The device was tested on a first sampling campaign in August of 2016 at the center of Bajo Fríjol, collecting four samples, each with a different filtered volume: 24 L, 48 L, 72 L and 100 L. For each sample, the count and taxonomic identification of the organisms were carried out to the lowest possible category. With this information, an accumulated diversity curve (Shannon index) was elaborated to determine if the maximum available information was reached. Additionally, a species accumulation curve (Magurran, 2004) was elaborated with non-parametric estimators (Chao 2, JackKnife 1 and Bootstrap) to estimate the species richness as a function of sampling effort and a completeness analysis (JackKnife 1). The integrated analysis of these estimators allowed to obtain a better interpretation of the sampling representativity (Moreno, 2001), and estimate the minimum volume necessary to characterize the community. To calculate this index and estimators, the program EstimateS v. 9.1. was used (Villareal *et al.*, 2004; Bautista-Hernández *et al.*, 2013).

This initial design can be modified depending on the research question. One of these is installing devices in series, with collectors of different mesh sizes (e.g. 45, 60 and 300 μm) that allow retaining representatives of the different sizes of zooplankton (Figure 3). This adaptation was tested in a second sampling campaign in June of 2019, filtering 600 L per sample in the six monitoring stations established

de aberturas de malla diferentes (ej. 45, 60 y 300 μm) que permitan retener representantes de las diferentes tallas de zooplancton (Figura 3). Esta adaptación fue probada en una segunda campaña en junio de 2019 al filtrar 600 L por muestra en las seis estaciones de monitoreo establecidas por el PNNCPR en Bajo Fríjol. Al igual que en la primera campaña, se realizó el conteo y la identificación taxonómica de los organismos (hasta la categoría más baja posible) por recolector. La evaluación de ambos diseños fue realizada con el objetivo de determinar la eficacia del dispositivo; por lo tanto, otros parámetros como variabilidad espacial y temporal no fueron considerados.

Para el dispositivo con un solo recolector, se identificaron 100 morfoespecies, agrupadas en 16 grupos zooplanctónicos: apendicularias, briozoos, crustáceos, doliólidos, equinodermos, foraminíferos, hidrozoos, huevos de pez, larvas de cnidarios, moluscos, nemertinos, poliquetos, radiolarios, rotíferos, sifonóforos y tintínidos.

by the PNNCPR at Bajo Fríjol. As in the first campaign, the organisms were counted and taxonomically identified (down to the lowest possible category) per collector. The evaluation of both designs was carried out to determine the device effectivity, therefore, other parameters such as spatial and temporal variability were not considered.

For device with a single collector tube, 100 morphospecies were identified, grouped into 16 zooplanktonic groups: appendicularians, bryozoans, cnidarians larvae, crustaceans, doliolids, echinoderms, fish eggs, foraminifera, hydrozoans, mollusks, nemerteans, polychaetes, radiolarians, rotifers, siphonophores and tintinnids. Radiolarians had the highest richness with 27 species, followed by crustaceans with 23. On the other hand, a total density of 90377 ind/m³ was obtained. Crustaceans had the highest density (39980 ind/m³), followed by foraminifera with 17577 ind/m³. Appendicularians, polychaetes, foraminiferans, crustaceans, and tintinnids

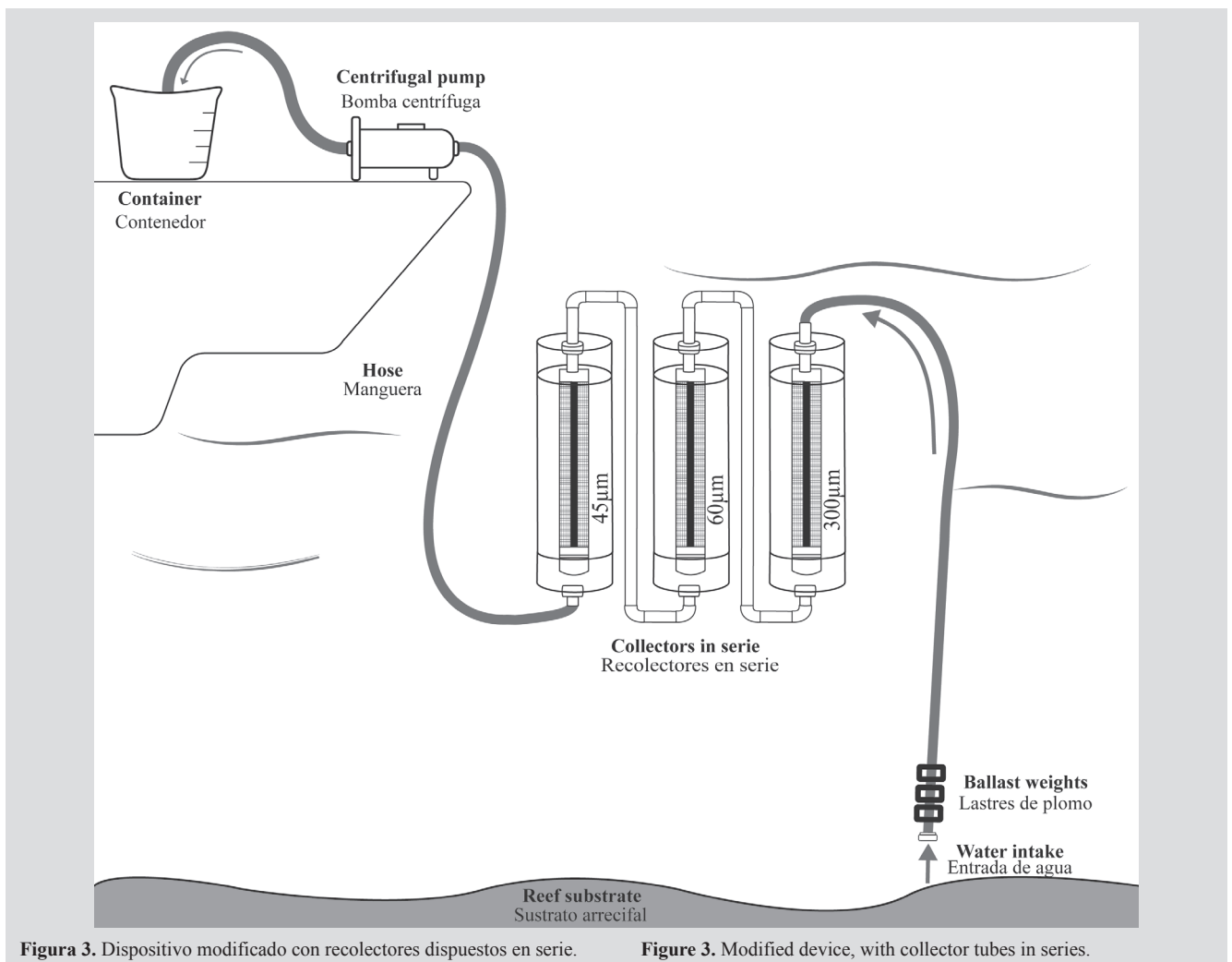


Figura 3. Dispositivo modificado con recolectores dispuestos en serie.

Figure 3. Modified device, with collector tubes in series.

Los radiolarios presentaron la mayor riqueza con 27 especies, seguido de los crustáceos con 23. Por otro lado, se obtuvo una densidad total de 90 377 ind/m³. Los crustáceos presentaron la mayor densidad (39 980 ind/m³), seguidos de los foraminíferos con 17 577 ind/m³. Apendicularias, poliquetos, foraminíferos, crustáceos y tintinidos estuvieron presentes en todas las muestras. La mayor riqueza y mayor densidad se alcanzó con 72 L.

La curva de diversidad acumulada (Figura 4A) permitió concluir que la mayor cantidad de información se alcanza luego de filtrar 24 L mientras que la curva de acumulación de especies (Figura 4B) mostró inflexión a los 72 L para la mayoría de los estimadores. Con lo anterior, se infiere que a partir de 72 L el muestreo es representativo para la comunidad estudiada, por lo que se recomienda filtrar, al menos, este volumen para estudios de zooplancton con este dispositivo. El análisis de completitud arrojó un valor de

were present in all filtered volumes. The highest number of morphospecies and the highest density was reached with 72 L.

The accumulated diversity curve (Figure 4A), allowed to conclude that the greatest amount of information is reached after 24 L. The species accumulation curve (Figure 4B), showed inflection at 72 L for most estimators. With the above, it can be inferred that the sampling is representative of the studied community from 72 L, so it is recommended to filter, at least, this volume for zooplankton studies with this device. The completeness analysis showed 90 % with the estimator JackKnife 1, indicating that the collected data were representative.

For the modified device, 24 morphospecies were identified with the 45 µm collector, 94 with the 60 µm collector and 57 with the 300 µm collector, for a total of 174 morphospecies grouped into 16 main groups:

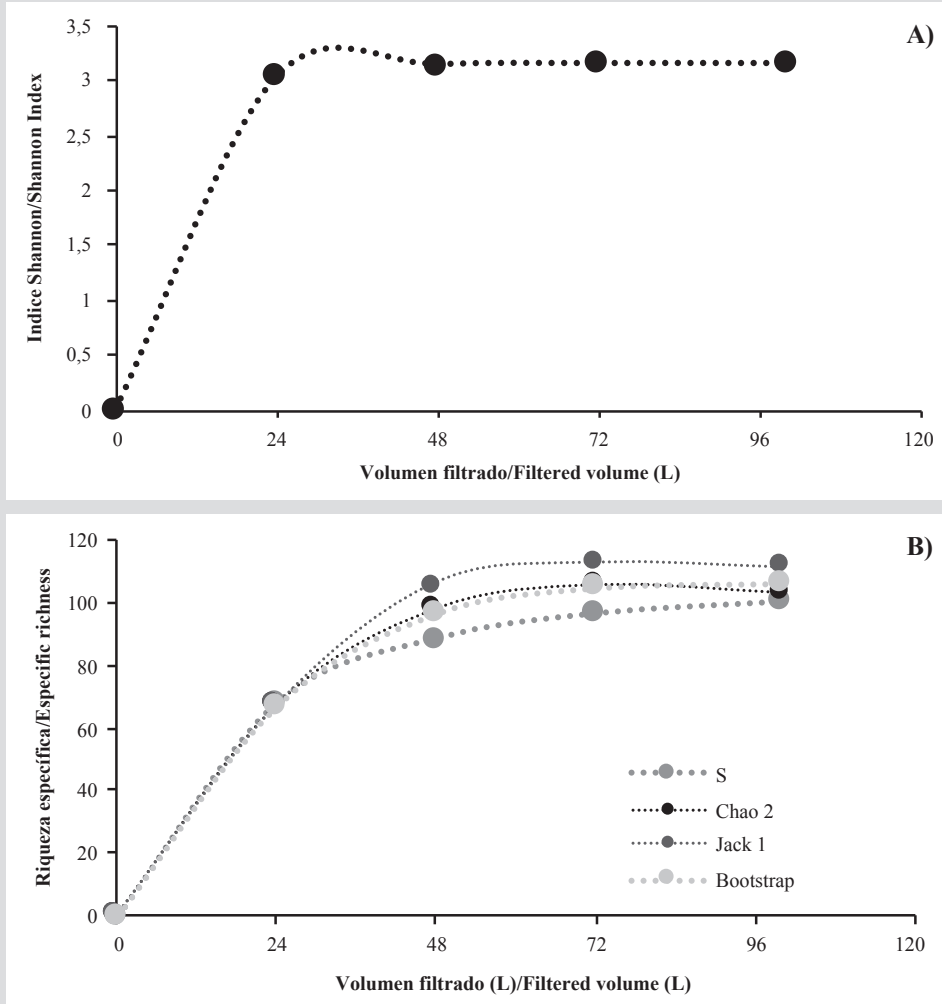


Figura 4. Curvas de A) diversidad acumulada y B) acumulación de especies.

Figure 4. A) Accumulated diversity and B) species accumulation curves.

90 % a partir del estimador JackKnife 1, indicando que los datos obtenidos en el muestreo fueron representativos.

Para el dispositivo modificado, se identificaron 24 morfoespecies con el recolector de 45 μm , 94 con el de 60 μm y 57 con el de 300 μm , para un total de 175 morfoespecies agrupadas en 16 grupos principales: apendicularias, briozoos, crustáceos, cnidarios, foraminíferos, hidrozoos, larvas de peces, larvas de equinodermos, moluscos, nemertinos, poliquetos, radiolarios, rotíferos, sifonóforos, taliáceos y tintinidos. Las densidades totales obtenidas fueron 19 197 ind/m^3 (45 μm), 196 915 ind/m^3 (60 μm) y 280 ind/m^3 (300 μm). Los crustáceos alcanzaron las mayores abundancias con 8678, 91 951 y 151 ind/m^3 (45, 60 y 300 μm , respectivamente), seguidos de los tintinidos con 5342 ind/m^3 (45 μm) y 61 271 ind/m^3 (60 μm) y los radiolarios con 4843, 33 189 y 2 ind/m^3 (45, 60 y 300 μm , respectivamente).

Los recolectores de 45 y 60 μm permitieron estimar una mayor riqueza y abundancia, dado que, en ambientes coralinos, el zooplankton comprende organismos de diferentes tallas, siendo más abundantes los que se encuentran entre 20 y 200 μm , correspondientes al microzooplankton (Lalli *et al.*, 1997). En el caso del recolector de 300 μm , los bajos valores de riqueza y abundancia obtenidos pueden explicarse porque los organismos de mayor tamaño tienden a escapar más fácilmente de la succión de la abertura de la manguera sobre el sustrato arrecifal (Boltovskoy, 1981; Sameoto *et al.*, 2000; Baez-Polo, 2013).

Las principales ventajas de este dispositivo son bajos costos operativos, fácil fabricación y transporte. Ha probado ser muy útil en una entidad estatal, donde generalmente los recursos económicos son limitados. Este dispositivo se ha convertido en una excelente oportunidad para que el PNNCPR pueda iniciar la implementación de su programa de monitoreo en zonas mesofóticas en un área en la que, debido a su localización, ámbito de profundidad y objeto de conservación, las operaciones en campo y los muestreos implican una elevada inversión.

AGRADECIMIENTOS

Este manuscrito es producto del macroproyecto titulado “Estudio preliminar de las comunidades planctónicas y bentónicas del arrecife mesofótico del Bajo Frijol del PNNCPR” avalado por Parques Nacionales Naturales de Colombia (memorando 20152200002063 11-25-15) y apoyado por la Vicerrectoría de Investigaciones de la Universidad de Cartagena a través del plan de fortalecimiento

apendicularians, bryozoa, crustaceans, cnidarians, foraminiferans, hydrozoa, fish larvae, echinoderm larvae, mollusks, nemerteans, polychaetes, radiolarian, rotifers, siphonophores, thaliaceans and tintinnids. The total densities obtained were 19197 ind/m^3 (45 μm), 196915 ind/m^3 (60 μm) and 280 ind/m^3 (300 μm). Crustaceans reached the highest abundances with 8678, 91 951 and 151 ind/m^3 (45, 60 and 300 μm , respectively), followed by tintinnids with 5342 (45 μm) and 61 271 ind/m^3 (60 μm) and radiolarians with 4843, 33189 and 2 ind/m^3 (45, 60 and 300 μm , respectively).

A greater richness and abundance were obtained with the 45 and 60 μm collectors. In coral environments, zooplankton comprises organisms of different sizes, but those between 20 and 200 μm , corresponding to microzooplankton, are more abundant (Lalli *et al.*, 1997). In the case of the 300 μm collector, the low richness and abundance can be explained because larger organisms tend to escape more easily from the suction of the hose onto the reef substrate (Boltovskoy, 1981; Sameoto *et al.*, 2000; Baez-Polo, 2013).

This device's main advantages are low operating costs, easy manufacturing and transportation, proving to be very useful in a state entity, where economic resources are generally limited. This device has become an excellent opportunity for the PNNCPR to start the implementation of its monitoring program in mesophotic zones in an area that, due to its location, depth scope and conservation objective, field operations and samplings imply a high investment.

ACKNOWLEDGEMENTS

This manuscript is product of the project entitled “Preliminary study of the planktonic and benthic communities of the mesophotic reef of Bajo Frijol at the PNNCPR” endorsed by National Natural Parks of Colombia (memorando 20152200002063 11-25-15), supported by the Research Vice-chancellor of the University of Cartagena, through the plan de fortalecimiento act 024-2019 and the project 2420 of the Research and Extension Vice-chancellor of the Industrial University of Santander entitled: “Study of the zooplankton community and molecular characterization of phytoplankton in coral reef ecosystems mesophotics of the PNNCPR, Colombian Caribbean”. Authors thank to the personnel of the PNNCPR for their technical support during the manufacture of the collection devices and during the samplings. To Deibis Seguro and Juan Vega for the technical support and the photographs in the field. To the

acta 024-2019 y el proyecto 2420 de la Vicerrectoría de Investigación y Extensión de la Universidad Industrial de Santander titulado: “Estudio de la comunidad zooplanctónica y caracterización molecular de fitoplancton en los ecosistemas de arrecifes coralinos mesofóticos del PNNCPR, Caribe colombiano”. Se agradece al personal del PNNCPR por su apoyo técnico durante la fabricación de los dispositivos de recolección y en los muestreos. A Deibis Seguro y a Juan Vega por el apoyo técnico y las fotografías en campo. Al ingeniero Fabián del Valle por el diseño gráfico y las ilustraciones del dispositivo. Al editor y al evaluador por la revisión del presente manuscrito.

engineer Fabián del Valle, for the graphic design and the illustrations of the device. To the editor and evaluator for reviewing the manuscript.

BIBLIOGRAFÍA/LITERATURE CITED

- Baéz-Polo, A. 2013. Manual de métodos de ecosistemas marinos y costeros con miras a establecer impactos ambientales. Convenio para establecer el fortalecimiento de los métodos de investigación marina para actividades costa afuera por parte del sector de hidrocarburos. Invenmar/ANH, Santa Marta. 212 p.
- Bautista-Hernández, C.E., S. Monks y G. Pulido-Flores. 2013. Los parásitos y el estudio de su diversidad: un enfoque sobre los estimadores de la riqueza de especies. En: Pulido-Flores, G y S. Monks (Eds). 2013. Estudios científicos del estado de Hidalgo y zonas aledañas, II. Zea Books, Lincoln. 146 p.
- Bessell-Browne, P., M. Stat., D. Thomson, and P. Clode. 2014. *Coscinarinae marshae* corals that have survived prolonged bleaching exhibit signs of increased heterotrophic feeding. *Coral Reefs*, 33(3): 795-804.
- Boltovskoy, D. 1981. Atlas del zooplancton del Atlántico sudoccidental y métodos de trabajo con el zooplancton marino. Inidep, Mar del Plata. 929 p.
- Enrichetti, F., M. Bo, C. Morri, M. Montefalcone, M. Toma, G. Bavestrello, L. Tunesi, S. Canese, M. Giusti, E. Salvati, R. Bertolotto, and C. Biachi. 2019. Assessing the environmental status of temperate mesophotic reefs: a new integrated methodological approach. *Ecol. Indic.*, 102: 218-229.
- Jacobs, F and C. Grant. 1978. Guidelines for zooplankton sampling in quantitative baseline and monitoring programs. VA Inst. Mar. Sci., Corvallis. 61 p.
- Kahng, S., J. Copus, and D. Wagner. 2014. Recent advances in the ecology of mesophotic coral ecosystems (MCEs). *Curr. Opin. Env. Sust.*, 7: 72-81.
- Lalli, C. and R. Parsons. 1997. Biological oceanography: an introduction. 2nd ed. Elsevier, Oxford. 315 p.
- Laverick, J., D. Andradi-Brown, and A. Rogers. 2017. Using light-dependent scleractinia to define the upper boundary of mesophotic coral ecosystems on the reefs of Utila, Honduras. *PLoS ONE*, 12(8): e0183075.
- Lesser, M., M. Slattery, and J. Leichter. 2009. Ecology of mesophotic coral reefs. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 375: 1-8.
- Magurran, A.E. 2004. Measuring biological diversity. Blackwell Science, Oxford. 261 p.
- Moreno, C.E. 2001. Métodos para medir la biodiversidad. Manuales y Tesis SEA. Zaragoza. 84 p.
- Nir, O., D. Gruber, E. Shemesh, E. Glasser, and D. Tchernov. 2014. Seasonal mesophotic coral bleaching of *Stylophora pistillata* in the Northern Red Sea. *PLoS One*, 9(1): e84968.
- Sameoto, D., P. Wiebe, J. Runge, L. Postel, J. Dunn, C. Miller, and S. Coombs. 2000. Chapter 3: collecting zooplankton. 55-81. In: Harris, R., P. Wiebe, J. Lenz, H. Skjoldal, and M. Huntley. (Eds). ICES Zooplankton Methodology Manual. Elsevier, London. 684 p.
- Scott, A. and J. Pawlik, 2019. A review of the sponge increase hypothesis for Caribbean mesophotic reefs. *Mar. Biodivers.*, 49: 1073-1083.
- Slattery, M. and M. Lesser, 2012. Mesophotic coral reefs: a global model of community structure and function. Proc. 12th Internat. Coral Reef Symp., Cairns, Australia.
- Villareal, H., M. Álvarez, S. Córdoba, F. Escobar, G. Fagua, F. Gast, H. Mendoza, M. Ospina y A.M. Umaña. 2004. Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad. Programa de inventarios de biodiversidad. Inst. Invest. Rec. Biol. Alexander von Humboldt, Bogotá. 236 p.