

An underwater photograph showing two divers in black wetsuits and blue fins. They are positioned around a white metal frame structure on the seabed. The water is clear and blue, with some sparse vegetation visible in the background. The title and authors' names are overlaid on the top right of the image.

# **BUCEO CIENTÍFICO:**

## **Procedimientos y metodologías**

**Juan Armando Sánchez  
Elvira María Alvarado  
Luis Fernando Barrios  
Edgardo Ochoa**

**ACADEMIA COLOMBIANA DE CIENCIAS EXACTAS, FÍSICAS Y NATURALES  
COLECCIÓN JORGE ÁLVAREZ LLERAS No. 45**

ACADEMIA COLOMBIANA DE CIENCIAS EXACTAS, FÍSICAS Y NATURALES  
COLECCIÓN JORGE ÁLVAREZ LLERAS, N° 45



# BUCEO CIENTÍFICO: Procedimientos y metodologías

## Editores

Juan Armando Sánchez,  
Elvira María Alvarado,  
Luis Fernando Barrios y  
Edgardo Ochoa

Bogotá, D.C., 2023

**Catalogación en la publicación de la Academia Colombiana  
de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales**

Juan Armando Sánchez, Elvira María Alvarado, Luis Fernando Barrios y Edgardo Ochoa. Buceo científico: Procedimientos y metodologías. Bogotá: Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, 2023.

308 p. il. (Colección Jorge Álvarez Lleras No. 45)

ISBN: 978-628-95506-9-6

**Palabras clave:** 1. Ciencias subacuáticas, 2. Buceo científico, 3. Oceanografía, 4. Arqueología submarina, 5. Métodos de muestro, 6. Biología marina, 7. Latinoamérica, 8. Políticas públicas.

**BUCEO CIENTÍFICO:  
Procedimientos y metodologías**

© Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales  
Carrera 28A No. 39A-63, Apartado 44763, Bogotá, D.C. Colombia  
2023

© Juan Armando Sánchez, Elvira María Alvarado, Luis Fernando Barrios y  
Edgardo Ochoa  
2023

ISBN: 978-628-95506-9-6

**Diagramación e Impresión:**

Editorial Gente Nueva  
Pbx: 320 28 40

**Entidades coordinadoras**

Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales (ACCEFYN)  
Federación Colombiana de Actividades Subacuáticas (FEDECAS)  
Ministerio del deporte (Min deporte)  
Conservación Internacional



**MINEDUCACIÓN**



**GOBIERNO  
DE COLOMBIA**

Esta Publicación se ha financiado mediante la transferencia de  
recursos del Gobierno Nacional a la Academia Colombiana de Ciencias  
Exactas, Físicas y Naturales

El Ministerio de Educación Nacional no es responsable  
de las opiniones aquí expresadas

*Derechos reservados. Este libro o partes del mismo no pueden ser reproducidos sin la autorización de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales y de los autores.*

## Comparación de tres métodos para el estudio de las comunidades bentónicas sésiles en arrecifes coralinos

---

Ana M. Palacio Castro\*  
Fernando A. Zapata\*

---

El monitoreo de un ecosistema requiere obtener eficientemente información que refleje su estado de conservación y detecte sus cambios a través del tiempo. Los procesos de deterioro que han afectado a los arrecifes coralinos en las últimas décadas han promovido la implementación de variados protocolos de monitoreo. La mayoría de métodos para la evaluación del bentos arrecifal se basan en estimaciones visuales usando cuadrantes, transectos lineales, transectos en banda, fotos y video. Las ventajas y desventajas de estas técnicas se han discutido desde la década de 1970 y continúan siendo debatidas aún hoy. Principalmente porque no todos los métodos son adecuados para todos los sitios de estudio, producen la información necesaria para el programa de monitoreo o se ajustan a las habilidades del equipo encargado o al presupuesto<sup>1-3</sup>.

Una consideración es si resulta más práctico implementar estimaciones “visuales” de la cobertura que dependen de la apreciación subjetiva del observador, en contraste con técnicas basadas en el muestreo de puntos o la digitalización de imágenes que disminuyen el error humano en las mediciones. A pesar de su subjetividad, las estimaciones visuales han mostrado en ocasiones mayor exactitud y repetibilidad que otros métodos considerados más objetivos<sup>4</sup>.

Por otra parte, los métodos basados en estimaciones bi-dimensionales (como las fotografías y los cuadrantes que estudian el arrecife como un plano)

---

\* Universidad del Valle, Cali, Colombia

generalmente sobrestiman la cobertura de organismos planos como las colonias de coral en forma de plato o masivas y subestiman la de organismos ramificados y columnares. Sin embargo, estos métodos no permiten evaluar fácilmente el relieve especialmente en sustratos muy irregulares o con una alta tridimensionalidad<sup>5</sup>.

Algunas de las ventajas de la fotografía frente a otros métodos son la conservación de la información para repetir o realizar nuevos análisis, recoger información adicional no registrada por los buzos (e.g., efectos de tormentas, complejidad espacial, reclutamiento de corales, crecimiento y mortalidad de colonias individuales, presencia de enfermedades). Así como la posibilidad de disminuir el error humano en las mediciones<sup>1</sup>. Sin embargo, la identificación de especies similares en fotografías puede resultar difícil. Por lo general los métodos fotográficos disminuyen el tiempo para tomar datos en campo, aunque aumentan el tiempo para su tratamiento en el laboratorio<sup>6</sup>.

Una de las mayores ventajas de los métodos basados en cadenas es que permiten estimar la complejidad topográfica, pero por lo general son tediosos y demorados en su implementación. Así mismo, es difícil garantizar que las cadenas sean ubicadas en el mismo sitio en cada muestreo, por lo que se pueden obtener datos que indican cambios en la cobertura de organismos, pero que en realidad reflejan el cambio de posición de la cadena<sup>2</sup>.

Además de las ventajas y desventajas comparativas de cada método, aún se debate qué tan válida es la comparación de información obtenida con diferentes técnicas. Esto tiene repercusiones, no sólo para la comparación de diferentes localidades evaluadas con diferentes métodos, sino también para garantizar la continuidad y comparabilidad de la información colectada en un mismo arrecife con diferentes métodos.

## **Objetivos**

Este capítulo evalúa la comparabilidad, reproducibilidad y eficiencia de tres métodos usados para el monitoreo del bentos en arrecifes coralinos, enfocándose en la cobertura de corales y algas y la riqueza de especies de coral. La comparabilidad se refiere al grado de similitud entre estimaciones obtenidas con diferentes métodos. La reproducibilidad examina la similitud entre estimaciones obtenidas por diferentes investigadores usando el mismo método. Finalmente, la eficiencia de cada método se evaluó en función del tiempo necesario para coleccionar y procesar la información.

Antes de la inmersión, cada buzo debe verificar que cuenta con los equipos y materiales necesarios para tomar los datos (e.g., cámaras fotográficas, lápices, tablas, cinta métrica), y con los instrumentos de seguridad (boya de seguridad, brújula, computador de buceo o reloj y tabla de buceo). En la sesión informativa inicial los buzos y el conductor de la embarcación deben acordar el sitio, tiempo y profundidades de la inmersión, las condiciones climatológicas esperadas, y los mecanismos de comunicación entre los buzos y de los buzos con el conductor de la lancha.

Durante la inmersión, cada buzo debe mantener contacto visual permanente con su compañero de buceo y comunicar si por algún motivo debe terminar la inmersión antes de lo planeado. Esta situación puede presentarse por problemas con los equipos de buceo o de monitoreo o por problemas de salud en el buzo. De ser posible, el buzo que continúa la inmersión puede ser asignado a otro compañero de buceo, pero bajo ninguna circunstancia debe dejarse a un buzo solo en el agua. Constantemente debe verificarse la cantidad de aire disponible en el tanque y ascender cuando el primer buzo alcance el límite de aire necesario para un ascenso seguro.

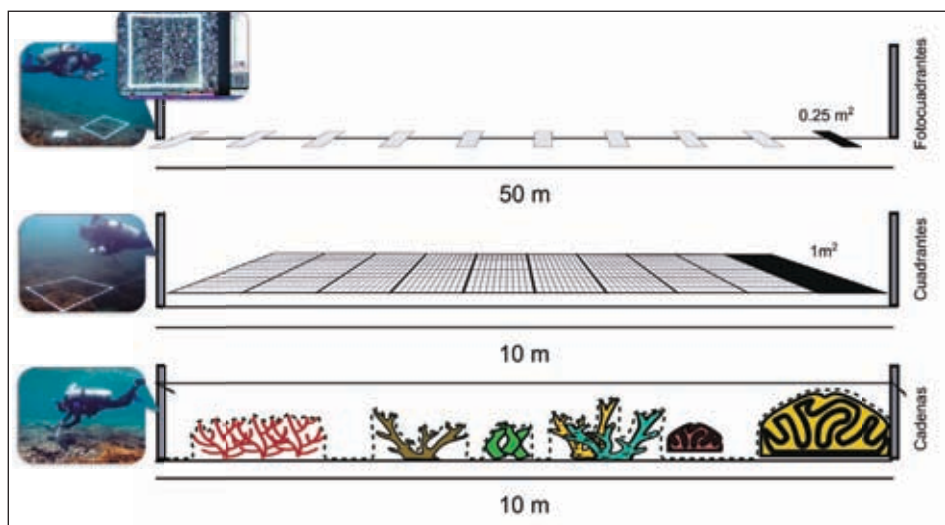
**Fotocuadrantes:** los muestreos con fotocuadrantes han sido implementados por diversas organizaciones como Conservación Internacional y la Fundación Charles Darwin<sup>7</sup>. Para su realización se delimitan transectos de 50 m de longitud con una cuerda marcada cada 5 m o con una cinta métrica. Cada 5 m, a partir del punto localizado a 5 m del inicio, un buzo toma una foto horizontal del bentos que incluya un área aproximada de 0,5 m x 0,5 m y que esté centrada sobre la línea del transecto, para un total de 10 fotocuadrantes por transecto (Fig. 1). Las imágenes son posteriormente analizadas con el programa de computador CPCe para Windows<sup>8</sup>. Para ello, se colocan 56 puntos sobre cada imagen, correspondientes a las intersecciones de una cuadrícula de 7 cm x 8 cm y se identifica el componente bentónico sobre el cual está ubicado cada punto (Fig. 1). CPCe calcula automáticamente la cobertura de cada categoría y subcategoría del sustrato, en cada imagen y en el transecto.

**Estimación visual con cuadrantes:** la estimación visual con cuadrantes ha sido implementada por organizaciones como el Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales (STRI, por sus siglas en inglés)<sup>9,10</sup>. Para su ejecución se demarcan transectos de 10 m de longitud con una cuerda marcada cada metro o con una cinta métrica. La estimación de la cobertura se realiza con la ayuda de un cuadrante de 1 m<sup>2</sup>, dividido en subcuadrantes de (10x10) cm<sup>2</sup>. Un buzo ubica el cuadrante con uno de sus bordes sobre la línea del transecto y el borde opuesto orientado hacia la costa, y estima visualmente el porcentaje



de cobertura de cada componente del bentos basándonos en las fracciones que ocupan dentro de cada subcuadrante (equivalente al 1% del cuadrante). Se repite este procedimiento avanzando desde el metro 0 hasta el 9 del transecto, para un total de 10 cuadrantes por transecto (Fig. 1).

**Transecto con cadena:** los transectos con cadena han sido implementados por el Sistema Nacional de Monitoreo de Arrecifes Coralinos en Colombia (SIMAC) <sup>11,12</sup>. Para este método se delimita un transecto de 10 m de longitud con una cuerda amarrada a dos varillas que demarcan el inicio y el final del transecto. En la varilla inicial del transecto (0 m) se sujeta el extremo de una cadena con eslabones pequeños (~ 10 mm de largo). Previamente rotulada cada 10 eslabones con el número del eslabón para facilitar su lectura bajo el agua. La cadena se extiende a lo largo del transecto siguiendo el contorno del sustrato arrecifal y usando la línea marcada por la cuerda como guía (Fig. 1). Un buzo registra el componente del bentos presente bajo cada eslabón de la cadena y el número total de eslabones en cada transecto.



**Figura 1:** Esquema de diferentes métodos de monitoreo utilizados para el estudio de las comunidades bentónicas arrecifales.

**Toma de datos bajo el agua:** para la toma de datos con estimación visual de cuadrantes y con cadena es necesario contar con tablas de acrílico o papel resistente al agua y lápices para registrar los valores de cobertura en cada transecto. Posteriormente, esta información debe ser digitalizada en hojas de cálculo para estimar el porcentaje de cobertura de cada componente del

bentos, así como la riqueza de especies. Durante la toma de datos con fotocuadrantes es necesario registrar las fotos que corresponden a cada transecto para posteriormente procesar la información con CPCe.

**Análisis de datos:** según el método empleado, los porcentajes de cobertura de cada componente del bentos (%  $C_i$ ) se estiman como  $n_i/T*100$ , donde  $n_i$  es el número de puntos (fotocuadrantes), el área (estimación visual de cuadrantes) o el número de eslabones (cadena) en cada categoría del bentos y T es el total de puntos, área, o eslabones registrados en cada transecto.

Además de los componentes del bentos, comúnmente deben registrarse datos de "GAPs" o vacíos. En el método de la cadena estos datos corresponden a los eslabones de la cadena que no tocan algún componente del bentos. En el método de los fotocuadrantes corresponden a puntos donde no se logra la identificación del componente del bentos en el punto señalado en la foto. Estos datos son eliminados del número total de puntos (T) antes de calcular los porcentajes de cobertura. Los datos de cobertura posibilitan el cálculo de la riqueza de especies (S) equivalente al número de especies muestreadas, y el cálculo de índices de diversidad como el de Shannon-Wiener (H').

Con el método de la cadena puede estimarse la rugosidad del arrecife (R) como la longitud de cadena extendida siguiendo el contorno del relieve en el transecto (d) dividida por la longitud del transecto (l = 10 m). Esta es más fácilmente interpretada con el índice de rugosidad relativa (IR) equivalente a  $1 - l/d$ <sup>13</sup>. IR cercanos a 0 son típicos de arrecifes planos o con poca estructura, mientras que la rugosidad y la complejidad topográfica se incrementan a medida que IR tiende hacia 1.

Comúnmente, los resultados de los muestreos del bentos arrecifal son utilizados para identificar cambios en la cobertura de corales en arrecifes monitoreados a través del tiempo, o para comparar el estado de diferentes arrecifes de coral o diferentes zonas arrecifales. Aunque los análisis estadísticos apropiados dependerán de las preguntas específicas del monitoreo, estos por lo general incluyen análisis de varianza iniciales que evalúen el efecto de los sitios de monitoreo, o los cambios temporales en sitios de monitoreo permanentes. Dichos análisis son seguidos por pruebas de comparación múltiple para los factores significativos en el análisis de varianza. Independientemente de los modelos estadísticos utilizados, los datos de cobertura son generalmente transformados con funciones como el arcoseno de la raíz cuadrada de la cobertura, con la cobertura expresada como proporción (0-1) y no como porcentaje. Dichas transformaciones se realizan para satisfacer los supuestos



de normalidad y homogeneidad de varianzas. Sin embargo, los análisis más actualizados utilizan modelos lineales generalizados (e.g., Alves et al. <sup>14</sup>).

#### *Caso de estudio*

##### *Comparabilidad, reproducibilidad y eficiencia de tres métodos de monitoreo del bentos usados en el Pacífico Oriental Tropical*

Para comparar las ventajas y desventajas de tres métodos usados para el monitoreo del bentos en arrecifes del Pacífico Oriental Tropical y examinar la viabilidad de comparar información obtenida con diferentes métodos, se establecieron seis sitios de muestreo en dos zonas del arrecife de "La Azufrada", Isla Gorgona, tres en la planicie y tres en el talud. En cada sitio se instaló un transecto paralelo a la línea de costa de 50 m de largo marcado a los 0, 20, 30 y 50 m. En cada transecto se determinó la composición y abundancia de organismos sésiles y tipos de sustrato siguiendo los tres métodos evaluados (fotocuadrantes: entre los 0 y los 50 m del transecto, cuadrantes y cadenas entre los 20 y 30 m). Para comparar la reproducibilidad de los protocolos, cada sitio fue evaluado por tres buzos, dos veces por cada uno de ellos, para un total de 18 estimaciones por sitio. El orden en que cada buzo realizó los transectos con cada metodología se eligió aleatoriamente. En cada transecto se registraron los componentes del bentos usando las mismas categorías generales: corales, algas y sustrato abiótico, dentro de las cuales se definieron como subcategorías las especies para los corales, los grupos funcionales para las algas (tapetes, calcáreas incrustantes, calcáreas erectas y frondosas) y el sustrato abiótico dependiendo del tamaño de partículas (arena: diámetro < 4 mm, cascajo: 4 mm - 30 cm, cantos: 0.3 - 1 m y roca >1 m). Finalmente, se registró el tiempo empleado por cada buzo en coleccionar, digitalizar y procesar los datos con cada método.

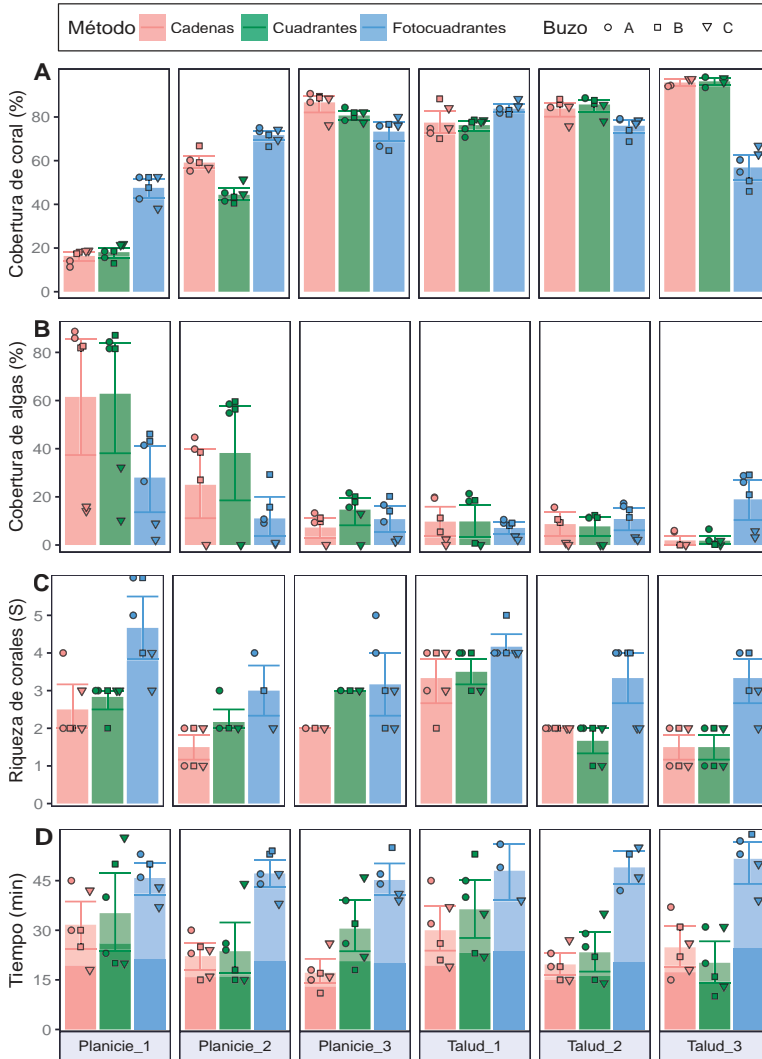
Las diferencias entre las estimaciones de cobertura de corales y algas, y entre los valores de riqueza de especies de corales obtenidos con los diferentes métodos y buzos fueron evaluados usando Modelos Lineales Generales. Los modelos incluyeron como factores de efectos fijos: zona del arrecife (planicie o talud), método de monitoreo (fotocuadrantes, cuadrantes o cadena), sitio de muestreo (3 niveles anidados dentro de cada zona) y buzo (3 niveles). Así como las interacciones entre los diferentes factores. Pruebas de comparación múltiple (Tukey,  $\alpha=0.05$ ) fueron aplicadas para las diferencias entre métodos en cada zona y entre los buzos con cada método. Los porcentajes de cobertura fueron transformados con la función arcoseno raíz cuadrada de la proporción correspondiente a la cobertura para satisfacer los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas.

En general se detectaron diferencias entre los métodos en la estimación de la cobertura de coral y algas, y una serie de interacciones entre método, buzo, zona y sitio que indican que las diferencias entre los métodos varían dependiendo de los buzos y de las características particulares de cada sitio de muestreo dentro de las zonas. Estas interacciones fueron más marcadas para la cobertura de algas que para la de coral, demostrando la existencia de una variedad de efectos complejos. Por ejemplo, con cuadrantes y cadena se obtuvieron estimaciones similares de la cobertura del bentos en el talud, pero se detectaron diferencias significativas en la planicie (e.g., Fig. 2, Planicie\_2). Las coberturas estimadas con fotocuantros difirieron de las realizadas con los otros dos métodos en ambas zonas. Sin embargo, no hubo un sesgo relativo de los fotocuantros hacia consistentemente sobreestimar o subestimar categorías específicas del bentos, sino que las coberturas obtenidas con fotocuantros fueron en ocasiones mayores y en otras menores a las obtenidas con los otros métodos (Figs. 2A-B, e.g., Planicie\_1 y Talud\_3). Estas diferencias posiblemente son debidas a la mayor longitud de los transectos de fotocuantros (50 m) en los que se registró una mayor heterogeneidad en la composición del bentos en comparación con los transectos más cortos de cadena y cuadrantes (10 m). La riqueza de especies con el método de fotocuantros fue mayor que la estimada con el método de la cadena tanto en la planicie como en el talud. La riqueza estimada con fotocuantros fue mayor que la estimada con cuadrantes en el talud, pero no en la planicie (Fig. 2C).

Independientemente del método empleado, los tres buzos tuvieron una buena reproducibilidad en la estimación de la cobertura de corales (Fig. 2A), pero uno de los buzos consistentemente estimó coberturas de algas significativamente menores con todos los métodos (Fig. 2B). Las diferencias entre buzos fueron más marcadas en la planicie, pues esta zona tuvo una cobertura de corales menor, y por tanto el sesgo de los buzos en la estimación de algas pudo ser mayor. Al comparar las subcategorías del sustrato se evidenció que lo que fue registrado como algas incrustantes por dos buzos, fue registrado como sustrato abiótico y generalmente cascajo, por el tercer buzo. Estas diferencias, más que reflejar problemas en la reproducibilidad de un método en particular, obedecen a la falta de consenso entre los buzos sobre la definición de las diversas categorías del bentos.

El tiempo requerido para tomar los datos de un transecto bajo el agua fue similar en los tres métodos con promedios entre los 16 y 22 minutos (Fig 2D, colores oscuros). Sin embargo, el tiempo necesario para la digitalización y procesamiento de los datos (Fig 2D, colores claros) fue mayor con el método de fotocuantros ( $30.5 \pm 0.6$  min), comparado con el método de cuadrantes ( $8.8 \pm 0.6$  min) y cadena ( $7.6 \pm 0.6$  min). El tiempo total ne-

cesario por transecto (para tomar los datos en campo y para prepararlos) fue menor con los métodos de cadena y cuadrantes (24.2 y 25.2 ± 1.7 min, respectivamente) que con el método de fotocuadrantes (52.2 ± 1.7 min).



**Figura 2:** Valores de las variables biológicas estimadas por sitio de muestreo y método (A-C) y tiempo necesario para la realización y preparación de datos de un transecto (D). Las barras representan los valores medios por método de monitoreo y sitio ± intervalo de confianza del 95%. Los puntos representan los valores individuales para cada repetición realizada por cada buzo. En el panel D las barras oscuras representan la proporción del tiempo empleado bajo el agua y las barras claras la proporción del tiempo empleado en la preparación de los datos para su posterior análisis.

## Recomendaciones

Las estimaciones de cobertura y riqueza de especies bentónicas pueden diferir cuando se emplean diferentes métodos y se realizan por diferentes buzos. Es fundamental una estandarización rigurosa de los protocolos de muestreo. El entrenamiento detallado y coordinado de los buzos puede mejorar la reproducibilidad de los métodos, pero dicho entrenamiento debe incluir todos los componentes del bentos, no sólo el coral. Cada método requiere de atención a detalles específicos como: 1) las colonias ramificadas tienden a enredarse entre las cadenas y cuadrantes con cuadrículas, por lo que dichos métodos requieren un mayor cuidado para no causar daño en el arrecife. 2) El método de cadena requiere, además de conocer las especies y categorías del sustrato, de entrenamiento del buzo sobre la manera correcta de ubicar y leer la cadena. 3) Los fotocuantros requieren práctica en el manejo de la cámara bajo el agua para que las fotos queden correctamente posicionadas y enfocadas. 4) El método de cuadrantes sólo requiere conocer las especies de coral y categorías del bentos, pues su procedimiento bajo el agua es muy sencillo. Finalmente, es recomendable conservar los métodos de monitoreo que históricamente han sido utilizados para estudiar sitios específicos, y particularmente no cambiar a nuevos métodos en los que la longitud de los transectos difiera significativamente.

### Disponibilidad de datos y código

Todos los datos y el código para el análisis de datos están disponibles en Zenodo (10.5281/zenodo.6369272) y pueden visualizarse en GitHub

([https://anampc.github.io/Metodos\\_Cobertura](https://anampc.github.io/Metodos_Cobertura))

## Bibliografía

1. Ohlhorst, S. L., Liddell, W. D., Taylor, R. J. & Taylor, J. M. Evaluation of reef census techniques. in *Proceedings of the 6th International Coral Reef Symposium* vol. 2 319-324 (1988).
2. Rogers, C. S., Garrison, G., Grober, R., Hillis, Z.-M. & Franke, M. A. *Coral Reef Monitoring Manual for the Caribbean and Western Atlantic*. 114 (National Park Service. Virgin Islands National Park, 1994).
3. Barrera-Falcon, E., Rioja-Nieto, R., Hernández-Landa, R. C. & Torres-Irineo, E. Comparison of standard Caribbean coral reef monitoring protocols and underwater digital photogrammetry to characterize hard coral species composition, abundance and cover. *Frontiers in Marine Science* 8, (2021).

4. Dethier, M. N., Graham, E. S., Cohen, S. & Tear, L. M. Visual versus random-point percent cover estimations: "objective" is not always better. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 96, 93–100 (1993).
5. Loya, Y. Community structure and species diversity of hermatypic corals at Eilat, Red Sea. *Mar. Biol.* 13, 100–123 (1972).
6. Nadon, M.-O. & Stirling, G. Field and simulation analyses of visual methods for sampling coral cover. *Coral Reefs* 25, 177–185 (2006).
7. Banks, S. *et al.* *Manual de monitoreo submareal*. (Conservación Internacional Ecuador y Fundación Charles Darwin, 2016).
8. Kohler, K. E. & Gill, S. M. Coral Point Count with Excel extensions (CPCe): A Visual Basic program for the determination of coral and substrate coverage using random point count methodology. *Comput. Geosci.* 32, 1259–1269 (2006).
9. Gomez, C. G., Gonzalez, A. & Guzman, H. M. Multiscale change in reef coral species diversity and composition in the Tropical Eastern Pacific. *Coral Reefs* 37, 105–120 (2018).
10. Guzmán, H. M., Guevara, C. a. & Breedy, O. Distribution, diversity, and conservation of coral reefs and coral communities in the largest marine protected area of Pacific Panama (Coiba Island). *Environ. Conserv.* 31, 111–121 (2004).
11. Garzón-Ferreira, J., Reyes-Nivia, M. C. & Rodríguez-Ramírez, A. *Manual de Métodos del SIMAC*. (INVEMAR. Ministerio del Medio Ambiente., 2002).
12. Garzón-Ferreira, J. & Rodríguez-Ramírez, A. SIMAC: development and implementation of a coral reef monitoring network in Colombia. *Revista de Biología Tropical* 58 Suppl 1, 67–80 (2010).
13. Wellington, G. M. Depth zonation of corals in the Gulf of Panama: Control and facilitation by resident reef fishes. *Ecol. Monogr.* 52, 223–241 (1982).
14. Alves, C. *et al.* Twenty years of change in benthic communities across the Belizean Barrier Reef. *PLOS ONE* vol. 17 e0249155 (2022).

El buceo científico es una actividad que hace uso de las técnicas de buceo seguras en el trabajo subacuático para la búsqueda directa de información, montaje de experimentos, colecta de datos y muestras, entre otros. Los buzos científicos son científicos profesionales o en entrenamiento (estudiantes) que utilizan equipos y técnicas de buceo como herramienta para llevar a cabo su trabajo de campo. Los procedimientos de buceo científico avanzan constantemente, no solo por las nuevas ofertas tecnológicas, sino por la incursión de la actividad en la construcción de tejido social. Este manual es el producto de trabajo inter institucional de actores experimentados y reconocidos en el tema. Se incluyen las contribuciones de la comunidad científica de diversas instituciones y grupos a nivel costero o continental que practican el buceo científico como México, El Salvador, Costa Rica, Chile, Ecuador y Colombia. Se presenta el estado del arte de la disciplina para generar unas bases sólidas a fin de impulsar el buceo científico en Latinoamérica. Los aportes de este manual están divididos en dos partes: la primera parte se dedica a la gestión de la seguridad y la planeación en el buceo científico. La segunda parte es una muestra del estado del arte, que a su vez son historias de éxito de la actividad, en las técnicas y procedimientos para la investigación y avance en el conocimiento mediante toma de datos bajo el agua. Los métodos de adquisición de información bajo el agua presentados en 27 capítulos ofrecen una trazabilidad y rigurosidad para la toma de decisiones sobre el manejo de los ecosistemas marinos y costeros. Ante todo, queremos que el buceo científico sea una actividad segura y que se masifique en la educación superior en Latinoamérica. Consideramos que este manual es un primer paso hacia estas dos metas.



ISBN: 978-628-95506-9-6

