



VARIACIONES MORFOMÉTRICAS DE *Ophiocoma aethiops* Lütken, 1859 EN TRES ZONAS DE LA ISLA GORGONA

Daniel E. Valencia-Giraldo
María A. Orozco-Guarín

Edgardo Londoño-Cruz
Diego F. Amariles

Universidad del Valle

Recibido: septiembre 27, 2013

Aceptado: diciembre 17, 2013

Págs. 25-34

Resumen

Los ofiuroides son habitantes típicos de los ecosistemas rocosos, pero poco se conoce acerca de su estructura poblacional. Este trabajo presenta información en cuanto a las relaciones morfométricas de *Ophiocoma aethiops* en el Parque Nacional Natural (PNN) Gorgona, Pacífico colombiano. Para ello, se midió el peso, la longitud del brazo más largo y el diámetro del disco de 300 individuos capturados en tres localidades de la isla. Se encontró que su peso oscila entre 0,1 - 47 g, con la mayoría por debajo de 15 g; la longitud del brazo más largo osciló entre 15,39 - 163,64 mm, con la mayoría alrededor de 60 - 140 mm; el diámetro del disco varió entre 3,56 - 37,6 mm, con la mayoría alrededor de 15 - 30 mm. Se observó una relación lineal y positiva entre el diámetro del disco y la longitud del brazo. La relación entre el peso con respecto al diámetro del disco y la longitud de brazo fue exponencial, sugiriendo que a temprana edad los individuos aumentan de tamaño rápidamente sin aumentar considerablemente de peso. Las diferencias morfométricas no permitieron esclarecer si se trata de poblaciones diferentes. Dado que la mayoría de individuos son pequeños, se puede concluir que bajo las condiciones ambientales y el periodo estudiado, la población se encuentra en equilibrio.

Palabras clave: PNN Gorgona, distribución de tallas, estructura poblacional, ecosistema rocoso, *Ophiocoma aethiops*.

Abstract

Ophiuroids are common rocky shore inhabitants; however, little is known about the population structure of most species. This work aims at presenting detailed information on morphometric relations of *Ophiocoma aethiops* in Gorgona National Natural Park, Colombian Pacific. For this purpose, 300 individuals collected at three different locations of the island were weighed, and the longest arm and disk diameter measured. The weight ranged between 0.1 and 47 g, with most being under 15 g; the longest arm length ranged from 15.39 to 163.64 mm, with most between 60 and 140 mm. Disk diameter ranged from 3.56 to 37.6 mm, with most between 15 and 30 mm. A positive linear relation was observed between disk diameter and arm length. The relations between weight and disk diameter and between weight and arm length were both exponential, suggesting that body size increases rapidly in juveniles with a posterior mass gain. Morphometric differences did not allow concluding that the individuals from different locations were separate populations. Finally, considering that there is a high proportion of juveniles, the population of this species is in equilibrium, at least during the time of sampling.

Keywords: Gorgona National Natural Park, size distribution, population structure, rocky ecosystem, *Ophiocoma aethiops*.

1 Introducción

Las zonas intermareales pueden presentar características físicas de una gran heterogeneidad, tanto en composición (material del cual están hechas), como en estructura (complejidad). Esta variación se presenta no sólo geográficamente, sino de costa a costa en la misma región y en distancias relativamente cortas [13]. Las costas rocosas proporcionan un sustrato relativamente estable en el que los organismos se pueden agregar en una variedad de lugares escondidos. Estos ambientes heterogéneos les brindan a estos ecosistemas unas características especiales que les permiten albergar gran cantidad de especies marinas, tanto vegetales como animales, que se caracterizan por presentar adaptaciones para sostenerse y sobrevivir en superficies verticales, resistir periodos prolongados de desecación, soportar cambios fuertes de salinidad y temperatura, y aguantar el fuerte impacto de las olas [14, 15, 16].

Los equinodermos están entre los habitantes más comunes de esta zona, especialmente de charcos intermareales [5]. Estos son invertebrados exclusivamente marinos, generalmente bentónicos de aguas poco profundas, capaces de alimentarse en una gran variedad de niveles, siendo un eslabón importante en las redes tróficas marinas [2, 6, 22]. Dentro de estos se destacan los ofiuroideos, que son abundantes en fondos blandos, tienen cinco brazos que se destacan muy bien del disco central y están frecuentemente cubiertos con muchas espinas [12]. Los brazos tubulares juegan un papel importante en la alimentación y la locomoción a pesar de que no tienen ventosas. Tienden a evitar la luz, saliendo en la noche para alimentarse y se esconden debajo de las piedras y en grietas durante el día [12].

Las poblaciones de estos organismos tienen diversas propiedades que están relacionadas con su tamaño, su densidad y su distribución [8]. Dicha distribución de los organismos en el espacio tiene una gran influencia sobre la densidad. En general, los organismos de una población pueden distribuirse aleatoriamente, uniformemente o de forma agregada. Dentro de esta, la dispersión agregada o en grupos separados es la más común [8]. Estas también poseen una estructura por tamaño y edad, a menos que cada generación se origine y muera en una misma estación sin solapar las siguientes generaciones.

Algunos autores [17, 18, 19, 20, 21] han estudiado los equinodermos a lo largo de la costa pacífica colombiana y, sin embargo, la información sobre la biología poblacional en ofiuroideos aún es muy limitada. El presente trabajo pretende estudiar la estructura poblacional de la especie *Ophiocoma aethiops* en tres localidades del PNN Gorgona, determinando la composición etárea y evaluando las relaciones morfométricas, a partir del diámetro del disco, la longitud del brazo más largo y el peso, y valorando la homogeneidad poblacional de la especie en la isla, contribuyendo de esta manera al conocimiento del grupo.

2 Materiales y métodos

2.1 Área de estudio

La isla Gorgona ($2^{\circ}55'45''-3^{\circ}00'55''\text{N}$, $78^{\circ}09'-78^{\circ}14'30''\text{W}$) es el territorio insular más extenso ($13,2 \text{ km}^2$) sobre la plataforma continental del Pacífico colombiano y está ubicada a 30 km del continente en su punto más cercano [10]. El estudio se llevó a cabo en tres zonas sobre la costa suroccidental de la isla, conocidas como La Ventana (LV), El Cocal (EC) y Playa Verde (PV) (figura 1). Se ha documentado que en la isla las corrientes superficiales tienen sentido suroeste a mitad de año (junio) mientras que a principios (febrero) hay un cambio, con tendencia oeste e incluso giros hacia el noroeste [10].

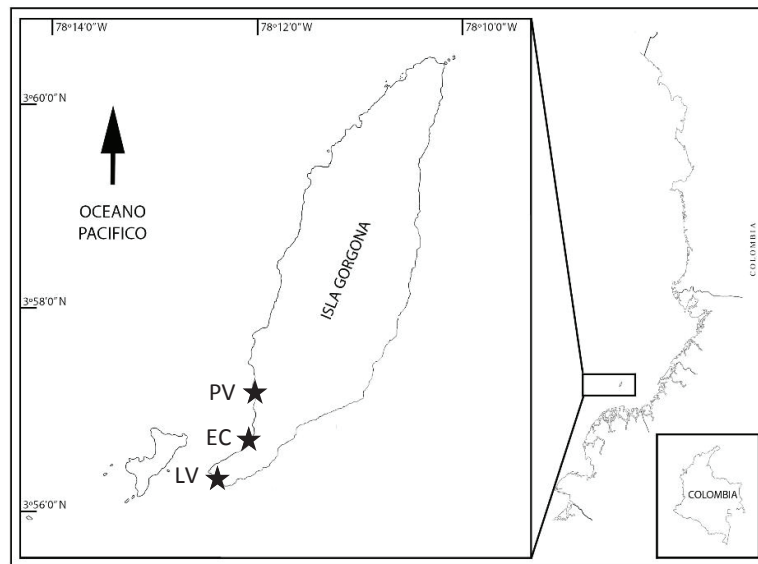


Figura 1. Isla Gorgona sobre la cual se muestran los lugares de estudio.

2.2 Métodos

En octubre del 2012 se llevaron a cabo capturas manuales diurnas en la parte más baja de la línea de marea durante la marea baja en tres lugares de la isla Gorgona. En cada uno se buscó aleatoriamente debajo de las rocas, 100 individuos pertenecientes a la especie *Ophiocoma aethiops* Lütken, 1859 sin hacer distinción de tallas (i. e. se colectaron todos los individuos presentes de la especie estudiada), pero teniendo en cuenta que estuvieran completos. Los individuos fueron mantenidos en un recipiente plástico con agua marina para reducir el estrés durante las mediciones. A cada individuo se le tomaron las siguientes mediciones: peso total (W) (en una balanza Homotech $\pm 0,02 \text{ g}$), diámetro de disco (DD) y longitud del brazo (LB) más largo (medidos con un calibrador digital Vernier $\pm 0,01 \text{ mm}$). Se decidió medir el brazo más largo para evitar mediciones de brazos en regeneración.

2.3 Análisis de datos

El W, el DD y la LB fueron explorados estadísticamente. Se determinaron sus distribuciones de frecuencia y se calcularon los rangos y modas para cada una de las

mediciones. Posteriormente, se evaluó la existencia de diferencias estadísticas, utilizando Anova simples, entre las zonas (tres niveles, fijo) para cada una de las variables de respuesta. Solo fue necesario transformar la variable W utilizando Box-Cox por no cumplir con el supuesto de normalidad. Cuando se encontraron diferencias estadísticamente significativas se utilizó la prueba a posteriori de Newmann-Keuls. También se valoró la relación existente entre DD vs. W y entre DD vs. LB para cada zona, con el objetivo de determinar la existencia de tendencias entre estas variables. Las pendientes fueron comparadas con el software R utilizando un modelo de regresión lineal. Las demás pruebas estadísticas se realizaron con Statistica 8.0.

3 Resultados

En LV, el W varió entre 0,13 y 47,05 g con una moda entre 5 y 10 g, el DD entre 3,56 y 37,6 mm con una distribución bimodal, la primera entre 15 y 20 mm y la segunda entre 25 y 30 mm, y la LB osciló entre 15,39 y 153,8 mm con un moda entre 60 y 80 mm. En EC el peso fluctuó entre 0,28 y 35,86 g con una moda entre 0 y 5 g, el DD entre 5,8 y 37,07 mm con una moda entre 15 y 20 mm y la LB cambió entre 18,34-163,64 mm con una moda entre 80 y 100 mm. Finalmente, para PV el peso varió entre 0,4 y 45,92 g con una moda entre 10 y 15g, el DD entre 6,44 y 36,97 mm con una moda entre 15 y 20 mm, y la LB cambió entre 24,21 y 157,68 mm con una moda entre 80 y 100 mm. Aproximadamente el 50% de los individuos de *O. aethiops* para las tres zonas del PNN Gorgona pesaron menos de 15 g (figura 2).

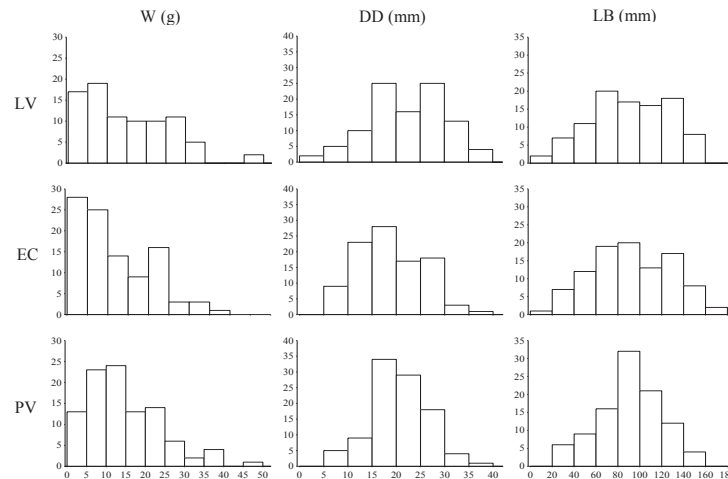


Figura 2. Distribuciones de frecuencia del peso – W (columna izquierda), el diámetro del disco – DD (columna central) y la longitud del brazo – LB (columna derecha) de *Ophiocoma aethiops* en La Ventana – LV (arriba), El Cocal – EC (centro) y Playa Verde – PV (abajo).

Los datos de W transformados cumplieron con los supuestos de normalidad ($X^2 p = 0,3751$) y homogeneidad de varianza (*Levene's test* $p = 0,048$). Por otro lado, los datos de DD y LB cumplían con el supuesto de normalidad ($X^2 p = 0,06554$ y $p = 0,31008$ respectivamente), pero no con el de homogeneidad de varianzas. Sin embargo, no fue necesario transformarlos para aplicar una prueba de Anova porque las pruebas

paramétricas son robustas frente al no cumplimiento de la homogeneidad de varianza si se cumple con el supuesto de normalidad y los n_i son iguales o relativamente iguales [25].

El Anova para LB mostró que no se presentaron diferencias significativas entre los lugares ($p = 0,862$) (figura 3). La misma prueba para los datos de W y DD (figura 3) mostró que sí existen diferencias significativas entre el W y el DD ($p = 0,0134$ y $p = 0,0049$ respectivamente) de los organismos en los diferentes zonas. La prueba post Anova de Newman-Keuls mostró que el W de los individuos de EC es significativamente diferente a los de LV y PV, y el DD de los individuos de EC es significativamente diferente a los de LV.

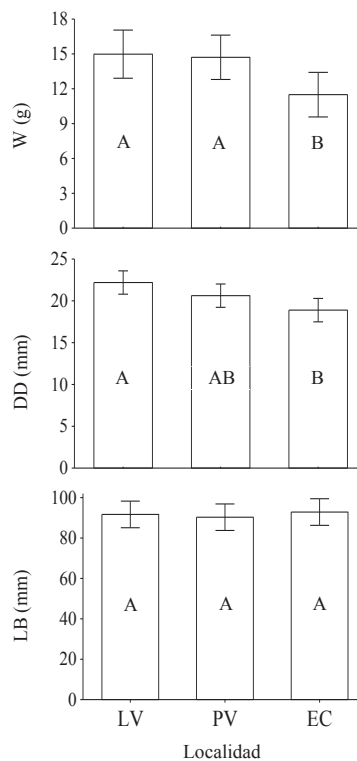


Figura 3. Análisis de varianza del W, DD y LB de *Ophiocoma aethiops*. Las letras de diferente denominación en las barras sugieren la existencia de diferencias significativas.

El DD y la LB presentan una relación positiva directamente proporcional ($r^2 = 0,79$) en las diferentes localidades ($b = 4.62, 4.15, y 4.09$ para EC, LV, y PV respectivamente) (figura 4a). Se evaluó esta relación con un modelo de regresión y se encontró que existen diferencias significativas entre las pendientes. En este sentido, en EC la pendiente es significativamente superior a la de LV ($p = 0,038$), pero no a la de PV ($p = 0,102$); por su parte estas últimas no mostraron diferencias significativas entre sí ($p = 0,830$) (figura 4a). Estos resultados indican que la localidad PV presenta características compartidas a las otras dos localidades.

También se exploró la relación entre el W y el DD. Se observó un comportamiento exponencial por lo cual se transformó el W con raíz cuadrada. Esta transformación logró la linealización de la relación con un $r^2 = 0,88$ (figura 4b). La relación se evaluó con un

modelo de regresión y los resultados mostraron que los cambios de W con respecto al DD fueron mayores en PV ($b = 0,198$), seguidos por EC ($b = 0,187$) y LV ($b = 0,173$). Se presentaron diferencias significativas entre las pendientes, con la pendiente de LV significativamente inferior a la de EC ($p = 0,003$) y a la de PV ($p << 0,001$); entre estas dos últimas localidades no se observaron diferencias significativas ($p = 0,345$).

Por último, se estudió la relación entre el W y la LB. Al igual que en el caso anterior, el W se transformó con raíz cuadrada, obteniendo un $r^2 = 0,83$ (figura 4c). Utilizando un modelo de regresión similar al anterior se encontró que los cambios de W con respecto a LB fueron mayores en LV ($b = 0,04$) seguidos por PV y EC, cuyas pendientes fueron iguales ($b = 0,038$). Se encontraron diferencias significativas, con la pendiente de EC significativamente inferior a PV ($p = 0,003$) y este, significativamente inferior a LV ($p = 0,024$). No se encontraron diferencias significativas entre LV y EC ($p = 0,489$).

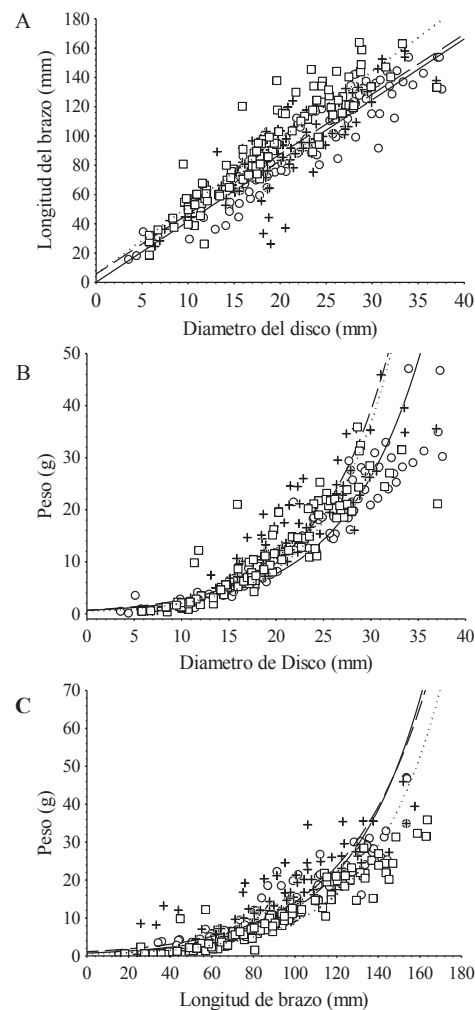


Figura 4. Relaciones morfométricas entre las 3 variables. Los círculos representan LV, los cuadrados a EC, y las cruces a PV. De igual manera, las líneas completa, punteada y cortada representan las tendencias lineales de LV, EC y PV respectivamente. A) Los valores de r^2 para LV, EC y PV son 0,887, 0,847 y 0,712. B) Los valores de r^2 para LV, PV y EC son 0,92, 0,895 y 0,90 respectivamente. C) Los valores de r^2 para LV, EC y PV son 0,853, 0,865 y 0,713 respectivamente.

4 Discusión

La estructura de tallas, al menos durante la época en la cual se llevó a cabo el muestreo, muestra que la mayor cantidad de individuos está en los primeros estadios de vida (considerando la talla como un *proxy* de la edad de los organismos). Se ha mostrado [7, 24], que poblaciones con proporciones grandes de individuos en estados tempranos de vida presentan altas tasas de regeneración, lo que ayuda al mantenimiento de la población. Adicionalmente, la presencia de individuos de todas las edades (tallas) asegura estabilidad a la población [11, 23]. Por estas dos condiciones, consideramos que la población de esta especie en el PNN Gorgona está en buen estado.

Por otro lado, en cuanto a las dimensiones del cuerpo de esta especie, los individuos de EC mostraron menor peso y menor diámetro de disco. EC es un enclave rocoso, el cual solo se descubre durante la marea baja en puja, por lo cual, los individuos de esta localidad están una mayor cantidad de tiempo completamente sumergidos. Algunas especies de peces pueden depredar sobre las ofiuras y nosotros planteamos que es posible que las ofiuras de esta localidad tengan, en promedio, una menor cantidad de tiempo disponible para alimentarse, lo cual se podría ver reflejado en su peso y tamaño. Adicionalmente, unos brazos proporcionalmente más largos podrían conferir ventajas al momento de escapar o divertir el ataque de un depredador. Hay dos evidencias a favor de esta hipótesis: 1) los brazos de los individuos de esta localidad presentaron longitudes que no difirieron de las de los individuos de las otras dos localidades, lo cual los hace proporcionalmente más largos, y 2) la tasa de cambio de la longitud del brazo con respecto al diámetro del disco fue superior que en las otras dos localidades.

Las relaciones entre el peso y la longitud del brazo y el peso y el diámetro del disco fueron de tipo exponencial. Esto es evidencia de que en los individuos jóvenes el crecimiento en talla (LB o DD) es mayor que la ganancia en peso; es decir, los individuos invierten primero una gran cantidad de energía en aumentar de talla y posteriormente aumentan de peso. Los individuos pequeños pueden ser más vulnerables a la depredación, por lo cual una ganancia relativamente rápida en talla podría asegurarles una oportunidad más alta de sobrevivencia. Prueba de esto es que los organismos de tallas pequeñas pueden llegar fácilmente a la columna de agua por acción de las olas, y la falta de movilidad propia en este espacio incrementa la probabilidad de depredación [1]. Sin embargo, se ha demostrado que esta especie responde ante esta situación cruzando los brazos alrededor del disco, concentrando la masa y disminuyendo el tiempo de precipitación hacia el sustrato en donde pueden buscar refugio o protegerse más fácilmente [1]. También es posible que alcanzar un mayor tamaño rápidamente les permita tener una mayor velocidad de escape, lo que fue evidenciado durante las capturas: los individuos más grandes intentaban escapar mucho más rápidamente que los más pequeños.

Los individuos de LV presentaron un mayor tamaño comparados con los de EC y PV. Esta diferencia podría deberse al nivel de exposición diferencial con respecto al oleaje en las localidades muestreadas. LV es una plataforma rocosa, con una intensidad de oleaje comparativamente más baja que las otras dos, gracias a que está ubicado en el extremo

suroccidental y cuenta con la presencia del islote de Gorgonilla, el cual puede generar una sombra contra corrientes y oleaje, impidiendo que lleguen de forma directa al borde costero. Por el contrario, EC y más claramente PV están enfrentadas directamente con mar abierto, lo que puede acarrear un mayor hidrodinamismo (corrientes y oleaje). Se ha demostrado en otro grupo de invertebrados asociados al intermareal rocoso, que es posible que haya una relación negativa entre la intensidad del oleaje y la talla promedio de la especie [3, 4]. Esto también fue demostrado más localmente con lapas en la zona del Pacífico chocono [9].

A pesar de que los individuos de *Ophiocoma aethiops* de LV son ligeramente diferentes en términos morfométricos con respecto a los de EC y PV, consideramos que estas diferencias no son lo suficientemente grandes como para afirmar que se trata de poblaciones diferentes. Para poder hacer este tipo de afirmaciones es necesario tener en cuenta muchas más variables de las consideradas en este estudio, además de aproximaciones genéticas. En conclusión, consideramos que no hay razones suficientes para creer que las agrupaciones de *Ophiocoma aethiops* en las tres localidades muestreadas pertenezcan a poblaciones separadas; es altamente probable que compartan, a través de mecanismos de migración, individuos entre sí. Sin embargo, se sugiere aumentar el esfuerzo de muestreo y el tiempo de recolección de datos, con el fin de tener información que permita obtener conclusiones más contundentes con respecto a la conectividad entre estos grupos y alcanzar un mejor entendimiento de su estructura poblacional.

Agradecimientos

Al biólogo Andrés Felipe Carmona por su apoyo en campo, a la Universidad del Valle por prestar los equipos necesarios para el buen desempeño del proyecto y al PNN Gorgona por brindar el permiso necesario para el acceso a la isla y la toma de datos.

Referencias bibliográficas

- [1] Badger, M. & Jones, M. (2011). Falling Faster: Size and Folding Behavior Decrease Descent Time in Brittle Stars. *Tropical Biology: an Ecological Approach*, 80-91. Costa Rica: Organization for tropical studies.
- [2] Birkeland, C. (1989). The Influence of Echinoderms on Coral-reef Communities. *Echinoderms Studies*, 3-79. Rotterdam: Balkema.
- [3] Boulding, E. & Van Alstyne, K. (1993). Mechanisms of Differential Survival and Growth of Two Species of *Littorina* on Wave-exposed and on Protected Shores. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 169,139–166.
- [4] Brown, M. & Quinn, J. (1988). The Effect of Wave Action on Growth in Three Species of Intertidal Gastropods. *Oecologia*, 75, 420–425.
- [5] Castro, P. & Huber, M. (2003). *Marine Biology*. California: McGraw-Hill.

- [6] Cohen-Rengifo, M., Bessudo, S. & Soler, G. (2009). Echinoderms, Malpelo Fauna and Flora Sanctuary, Colombian Pacific: New reports and distributional issues. Check list, 5(3), 702-711.
- [7] Connell, J. (1985). The Consequences of Variation in Initial Settlement vs. Post-settlement Mortality in Rocky Intertidal Communities. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 93, 11-45.
- [8] Florez, R. C., Herrera, L. & Hernández, V. (2008). *Ecología y medio ambiente*. México: Cengage Learning.
- [9] Giraldo-López, A. & Gomez-Schouben, C. (1999). Variación en la concha de *Siphonaria gigas* (Sowerby, 1825) como respuesta al efecto de la intensidad de las olas. *Ciencias marinas*, 25(2), 213-224.
- [10] Giraldo, A., Rodríguez-Rubio, E. & Zapata, F. (2008). Condiciones oceanográficas en isla Gorgona, Pacífico oriental tropical de Colombia. *Latin american journal of aquatic research*, 36 (1), 121-128.
- [11] Grigg, R.W. (1977). Population Dynamics of Two Gorgonian Corals. *Ecology*, 58, 278-290.
- [12] Karleskint, G., Turner, R. & Small, J. (2010). *Introduction to Marine Biology*. Belmont: Brooks/ Cole, Cengage Learning.
- [13] Knox, G. A. (2001). *The Ecology of Seashores*. USA: CRC Press.
- [14] Little, C. & Kitching, J. A. (1996). *The Biology of Rocky Shores*. Oxford: Oxford University Press.
- [15] Londoño, E., Cantera, J., Rubio, E., Herrera, D., López, L., Jiménez, P., Ramírez, G., Arias, F., Cuellar, L., Prado, A., & Moreno, X. (2012). *Ecosistemas rocosos intermareales del Parque Nacional Natural Gorgona. Isla Gorgona: paraíso de biodiversidad y ciencia*. Colombia: Programa editorial Universidad del Valle.
- [16] López, M., Cantera, J.K., Díaz, J.M., Roza, D.M., & Posada, B.O. (2002). Estado de los litorales rocosos en Colombia: acantilados y playas rocosas. Serie de publicaciones periódicas, INVEMAR, 157-167. Informe del estado de los ambientes marinos y costeros en Colombia. Santa Marta: INVEMAR.
- [17] Lozano-Cortés, D., Londoño-Cruz, E. & Zapata, F. (2011). Bioerosión de sustrato rocoso por erizos en bahía Málaga (Colombia), Pacífico tropical. Colombia: *Revista de Ciencias de la Universidad del Valle*, 15, 9-22.
- [18] Neira, R. & Cantera, J. (1989). Notas taxonómicas y ecológicas de los equinodermos de bahía de Málaga (costa pacífica colombiana). *Memorias del VI Seminario Nacional de Ciencias del Mar*, 121-130. Bogotá.

- [19] Neira, R., Pardo, R. & Cantera, J. (1991). Equinodermos de la costa pacífica del Valle del Cauca. Memorias Gobernación del Valle del Cauca, Instituto Vallecaucano de Investigaciones Científicas INCIVA, 41-63. Cali.
- [20] Pardo, R. (1989). Estudio taxonómico y ecológico de los principales grupos de los equinodermos del litoral Pacífico colombiano. Colombia: Tesis de grado Universidad del Valle.
- [21] Pardo, R. & Neira, R. (1990). Lista anotada de los equinodermos de la ensenada de Tumaco. Memorias del VII Seminario de Ciencias y Tecnologías del Mar, 422-430. Cali.
- [22] Ruppert, E. & Barnes, R. (1995). Zoology of the Invertebrates. México: McGraw-Hill Interamericana.
- [23] Santangelo, G.M., Abbiati, M. & Caforio, G. (1993). Age Structure and Population Dynamics in *Corallium Rubrum* (L). Red Coral in the Mediterranean Sea, 131-157. Roma: Min. Ris. Agr. Al. For. Rome.
- [24] Schiel, D. (2004). The Structure and Replenishment of Rocky Shore Intertidal Communities and Biogeographic Comparisons. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 300, 309-342.
- [25] Zar, J. (1999). *Biostatistical Analysis*. Illinois: Prentice Hall.

Dirección de los autores

Daniel Eugenio Valencia-Giraldo
Departamento de Biología, Universidad de Valle, Cali - Colombia.
daniel.valencia@correounivalle.edu.co

Edgardo Londoño-Cruz
Departamento de Biología, Universidad de Valle, Cali - Colombia.
edgardo.londono@correounivalle.edu.co

María Alejandra Orozco-Guarín
Departamento de Biología, Universidad de Valle, Cali - Colombia.
malejaorozco722@gmail.com

Diego Fernando Amariles
Departamento de Biología, Universidad de Valle, Cali - Colombia.
diego.amariles@correounivalle.edu.co