



FACULTAD DE CIENCIAS DE LA VIDA Y TECNOLOGÍAS
CARRERA DE BIOLOGÍA
TRABAJO DE TITULACIÓN
Modalidad Artículo Académico

Tema

Diversidad y abundancia de macroinvertebrados marinos en la zona intermareal rocoso de Punta Blanca y Barbasquillo, Manta-Ecuador.

Autores

Andrew Josué Demera Moreira
Aaron Fernando Montanero Palma

Periodo 2022 – 2

Tutor: Blgo. Pesq. Jesús Briones M.

DIVERSIDAD Y ABUNDANCIA DE MACROINVERTEBRADOS MARINOS EN LA ZONA INTERMAREAL ROCOSA DE PUNTA BLANCA Y BARBASQUILLO, MANTA-ECUADOR

Andrew Demera¹, Aarón Montanero¹

¹ Carrera de Biología, Facultad de Ciencias de la Vida y Tecnología, Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí.

Resumen

Los macroinvertebrados marinos juegan un papel fundamental en el funcionamiento de los ecosistemas. Sin embargo, en Ecuador han sido poco estudiados. Por ello, el objetivo de este trabajo fue determinar la abundancia y diversidad de macroinvertebrados en las zonas rocosas intermareales de Punta Blanca y Barbasquillo. Los muestreos se realizaron desde el 16 de noviembre del 2021 hasta el 15 de octubre del 2022 a la hora prevista para marea baja por la tabla de mareas del INOCAR mediante el método del cuadrante. Además, se hicieron mediciones de conductividad, salinidad, temperatura y sólidos disueltos totales. De acuerdo con el índice de Shannon, la diversidad en Punta Blanca osciló entre 1.10 y 1.51 con una media de 1.21 ± 0.15 , mientras que en Barbasquillo la diversidad fluctuó entre 0.84 y 1.30 con un promedio de 0.99 ± 0.13 , siendo significativamente mayor la diversidad en Punta Blanca ($t = -3.6617$, $df = 18$, $p = 0.001785$). De igual manera, la abundancia relativa fue significativamente mayor en Punta Blanca ($\chi^2 = 208.29$, $df = 1$, $p < 2.2 \times 10^{-16}$). No se encontraron diferencias entre las medias de los parámetros medidos in situ entre ambas zonas y tampoco se documentaron correlaciones significativas entre los parámetros medidos in situ con la abundancia y diversidad de ambas zonas. Los modelos que mejor se ajustaron a los datos fueron el Geométrico y el Log-normal para Punta Blanca y Barbasquillo, respectivamente. Es posible que las diferencias en la diversidad y abundancia de ambas zonas en este estudio se deban a varios factores: perturbaciones naturales, antropogénicas y errores metodológicos que se pudieron haber cometido en el transcurso del estudio. Sin embargo, se necesita de estudios a largo plazo para poder llegar a conclusiones más profundas.

Palabras clave: abundancia, diversidad, ecología, macroinvertebrados, perturbaciones.

Diversity and abundance of marine macroinvertebrates in the rocky intertidal zone of Punta Blanca and Barbasquillo, Manta-Ecuador

Abstract

Marine macroinvertebrates play a fundamental role in the functioning of ecosystems. However, in Ecuador they have been little studied. Therefore, the objective of this work was to determine the abundance and diversity of macroinvertebrates in the rocky intertidal zones of Punta Blanca and Barbasquillo. The samplings were carried out from November 16, 2021, to October 15, 2022, at the scheduled time for low tide by the INOCAR tide table using the quadrant method. In addition, conductivity, salinity, temperature and total dissolved solids measurements were made. According to the Shannon index, the diversity in Punta Blanca ranged between 1.10 and 1.51 with an average of 1.21 ± 0.15 , while in Barbasquillo the diversity fluctuated between 0.84 and 1.30 with an average of 0.99 ± 0.13 , the diversity being significantly higher in Punta Blanca ($t = -3.6617$, $df = 18$, $p = 0.001785$). Similarly, the relative abundance was significantly higher in Punta Blanca ($\chi^2 = 208.29$, $df = 1$, $p < 2.2 \times 10^{-16}$). No differences were found between the means of the parameters measured in situ between both areas and no significant correlations were found between the parameters measured in situ with the abundance and diversity of both areas. The models that best fit the data were the Geometric and the Log-normal for Punta Blanca and Barbasquillo, respectively. It is possible that the differences in the diversity and abundance of both areas in this study are due to several factors: natural and anthropogenic disturbances, and methodological errors that may have been made during the course of the study. However, long-term studies are needed to reach deeper conclusions.

Keywords: abundance, diversity, disturbances, ecology, macroinvertebrates.

Introducción

Los macroinvertebrados bentónicos juegan un papel clave en el funcionamiento de los ecosistemas, a través de la regulación de la producción primaria, la descomposición de la materia orgánica, el reciclaje de nutrientes y la filtración de partículas en el agua (Ochieng et al., 2021). Proporcionan alimento para muchos peces y otros organismos que viven en el agua o alrededor de ella (Nieto et al., 2017), por lo que son eslabones clave en las redes alimentarias (Macadam & Stockan, 2015).

Los ecosistemas intermareales están sujetos a perturbaciones tanto humanas como naturales que pueden combinarse para influir en poblaciones de macroinvertebrados (Micheli et al., 2016). Entre algunas de las perturbaciones antropogénicas se encuentra la contaminación, la modificación de la costa, las especies introducidas, la recolección de organismos y la perturbación por pisoteo (Castilla, 1999, 2000; Crowe et al., 2000; Halpern et al., 2007, 2008; Thompson et al., 2002). En cuanto a las perturbaciones naturales, se encuentran la exposición al aire y las altas temperaturas cuando baja la marea, y la perturbación de las olas durante la marea alta (Micheli et al., 2016). La combinación de las perturbaciones antropogénicas y naturales puede tener un impacto negativo en los organismos que habitan en las zonas rocosas intermareales (Istiqlal et al., 2018), los cuales juegan un papel fundamental en el funcionamiento del ecosistema (Londoño-Cruz et al., 2014). Además, la disponibilidad de alimentos, la depredación y los parámetros fisicoquímicos como la temperatura, el pH, la conductividad, la DBO, la DQO, etc., son factores determinantes en la estructuración de diferentes conjuntos marinos (Bhadja et al., 2014).

Los estudios de diversidad y abundancia permiten identificar los potenciales cambios en las estructuras comunitarias de los sistemas acuáticos y terrestres y, además, permiten comprender los efectos de las perturbaciones naturales o antropogénicas en estas comunidades (Cárdenas-Calle et al., 2020), los cuales podrían afectar potencialmente los bienes y servicios de los ecosistemas y el bienestar humano (Nordlund et al., 2014). Por lo tanto, generar información acerca de la diversidad y abundancia es crucial para comprender el impacto que tienen las perturbaciones antropogénicas y naturales sobre los macroinvertebrados (Gamfeldt & Hillebrand, 2008; Hooper et al., 2005; Scrosati et al., 2011; Stachowicz et al., 2007). Consecuentemente, esta información permitiría el desarrollo de estrategias de gestión y conservación para las especies de macroinvertebrados que habitan en las áreas de estudio.

En la ciudad de Manta, conocida como la capital atunera del Ecuador, se encuentra uno de los puertos más importantes del país (Araújo & Cedeño-Macias, 2016). Los mayores problemas en esta ciudad son las descargas de aguas residuales, emisiones de humo y gas tóxico producido por actividades humanas e industriales aledañas que cada vez aumentan y con ello contribuyen a una mayor degradación de estas zonas no solo turísticas sino también ecológicas (Arteaga & Arteaga, 2016).

Las zonas intermareales rocosas han sido poco estudiadas en nuestro territorio, y el conocimiento sobre su biodiversidad se limita a algunos estudios taxonómicos sobre grupos

específicos como los moluscos (Cruz, 1977, 1992a, 1992b, 1996, 2007, 2009; Mora y Reinoso, 1981; Mora, 1990; Arias Cedeño, 2012), poliquetos (Villamar, 1983, 1986, 1989), equinodermos (Sonnenholzner et al., 2013) y macroinvertebrados (Massay et al., 1993; Mair et al., 2002; Cruz et al., 2003; Mora et al., 2010; León Montero, 2018; Quimí Pozo, 2019). Por lo tanto, el objetivo de este estudio fue determinar la diversidad y abundancia de macroinvertebrados en la zona intermareal rocosa de Punta Blanca y Barbasquillo.

Materiales y métodos

Área de estudio

Este trabajo se llevó a cabo en las zonas intermareales rocosas de Punta Blanca ($0^{\circ}55'46.5''S$ $80^{\circ}39'57.1''W$) y Barbasquillo ($0^{\circ}56'40.5''S$ $80^{\circ}45'06.6''W$) (Figura 1). La primera se caracteriza por presentar varios laboratorios de larvas de camarón, mientras que la segunda se distingue por ser una zona con una gran cantidad de restaurantes, bares y hoteles.

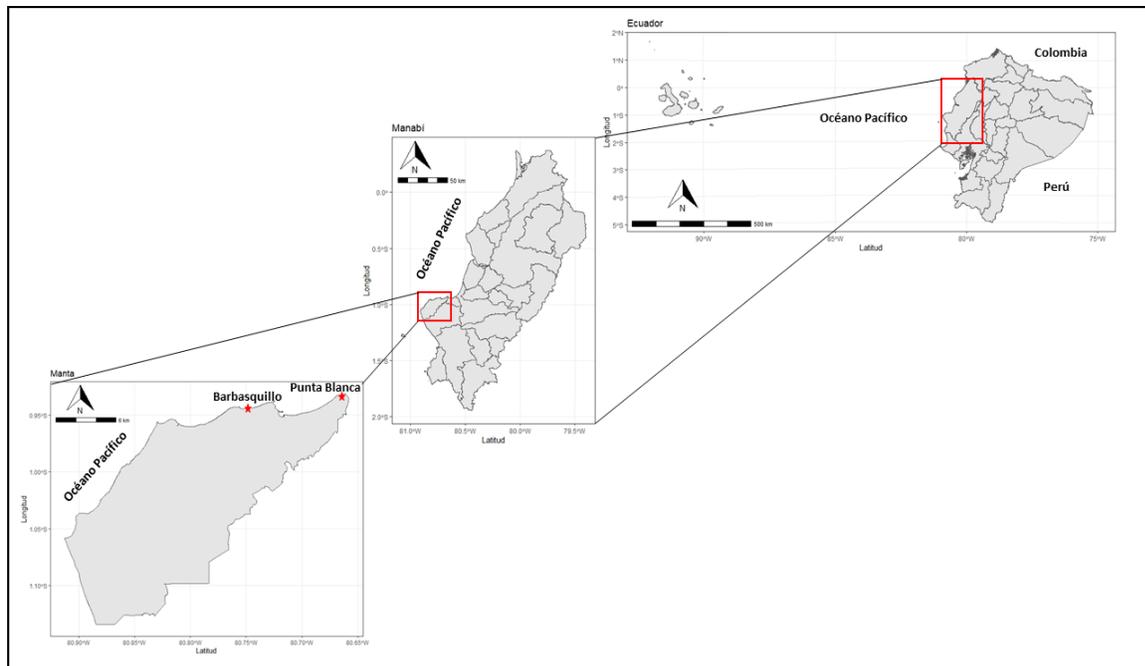


Figura 1. Zonas de estudio.

Trabajo de campo

Los muestreos se realizaron desde el 16 de noviembre del 2021 hasta el 15 de octubre del 2022 a la hora prevista para marea baja por la tabla de mareas del INOCAR mediante el método del

cuadrante (Bhadja et al., 2014). Para realizar los muestreos a través del método del cuadrante, se siguió la metodología usada por Cárdenas-Calle et al., (2020). Se aplicó un transecto de 50 m de longitud paralelo a la línea de costa. Sobre el transecto, se colocaron cuadrantes (50 × 50 cm) al azar, muestreando 30 cuadrantes por sitio (10 cuadrantes para cada nivel intermareal) (Cárdenas-Calle et al., 2020). Adicionalmente, se hicieron mediciones de conductividad, temperatura, sólidos totales disueltos y salinidad (Ríos et al., 2013). Se eligieron estos indicadores porque son a los cuales los macroinvertebrados muestran mayor sensibilidad (Roldán Pérez, 1988).

Análisis de datos

Abundancia relativa

La abundancia relativa de cada especie se estimó como el porcentaje de individuos de una especie en particular del número total de individuos de todas las especies combinadas (Xue et al., 2019):

$$p_i = \frac{f_i}{n}$$

Donde:

p_i = abundancia relativa de cada especie

f_i = frecuencia absoluta de cada especie

n = tamaño de la muestra

Se aplicó la prueba estadística de Chi-cuadrado para evaluar la existencia de diferencias significativas para los valores de abundancia relativa por zonas (Núñez & Infante-Rivero, 2019):

$$\chi^2 = \frac{(f_o + f_e)^2}{f_e}$$

Donde:

f_o = frecuencia del valor observado

f_e = frecuencia del valor esperado

Índice de Shannon

La diversidad de macroinvertebrados se estimó utilizando el Índice de diversidad de Shannon (Shannon, 1948):

$$H' = - \sum_{i=1}^S p_i \log p_i$$

Donde:

H = Índice de Shannon

S = número de especies

p_i = abundancia relativa de cada especie

Lg = logaritmo base 10

Para probar la hipótesis nula de que las diversidades provenientes de las dos muestras son iguales, seguimos el procedimiento propuesto por Hutcheson en 1970 (citado por Moreno, 2001 y Zar, 2010):

a. Para cada muestra se calcula el índice de diversidad ponderado (H_p) en función de la frecuencia de cada especie:

$$H_p = \frac{(n \log n) - (\sum f_i \log f_i)}{n}$$

Donde:

f_i = frecuencia absoluta de cada especie

n = tamaño de la muestra

b. Para cada muestra calculamos la varianza del índice de diversidad ponderado:

$$var = \frac{[\sum f_i \log^2 f_i - (\sum f_i \log f_i)^2]/n}{n^2}$$

c. Se calcula la diferencia de las varianzas de ambas muestras:

$$D_{var} = \sqrt{var_1 + var_2}$$

d. Se obtiene el valor de t

$$t = \frac{Hp_1 + Hp_2}{D_{var}}$$

e. Calculamos los grados de libertad asociados con el valor de t:

$$g.l. = \frac{(var_1 + var_2)^2}{(var_1^2/n_1) + (var_2^2/n_2)}$$

Coefficiente de correlación de Pearson

Se asumieron correlaciones positivas o negativas significativas o altamente significativas cuando el valor p-calculado sea <0.05 o 0.01, respectivamente (Custodio et al., 2018).

$$r = \frac{\sum xy - \frac{(\sum x)(\sum y)}{n}}{\sqrt{\left[\sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{n}\right] \left[\sum y^2 - \frac{(\sum y)^2}{n}\right]}}$$

Modelos para curvas de rango-abundancia

La función radfit del paquete vegan (Oksanen, 2013) y BiodiversityR (Kindt, 2021) en el entorno estadístico (R Core Team, 2020) calcula los parámetros y compara los modelos o curvas de distribución de la abundancia (Fernandez, 2019). Los modelos que proporcionan estos paquetes son: Broken-Stick, Geométrico, Zipf y Zipf-Mandelbrot (Kindt y Coe, 2005; Do et al., 2014). El modelo con menor desviación, AIC y BIC (criterio de información de Akaike y criterio de información Bayesiano, una medida de la calidad de un modelo estadístico) es el que mejor describe la distribución de la abundancia en función de su rango (Fernandez, 2019).

Todos los gráficos y análisis se realizaron en el entorno estadístico R (R Core Team, 2020) utilizando los paquetes ggplot2 (Wickham, 2016), tidyverse (Wickham et al., 2019), vegan (Oksanen, 2013) y BiodiversityR (Kindt, 2021).

Resultados

Diversidad y abundancia

Se realizaron un total de 20 muestreos, de los cuales 10 fueron en Punta Blanca y 10 en Barbasquillo. De acuerdo con el índice de Shannon, la diversidad en Punta Blanca osciló entre 1.10 y 1.51, con una media de 1.21 ± 0.15 , mientras que en Barbasquillo la diversidad fluctuó entre 0.84 y 1.30, con un promedio de 0.99 ± 0.13 , siendo significativamente mayor la diversidad en Punta Blanca ($t = -3.6617$, $df = 18$, $p = 0.001785$, Figura 2). De igual manera, la abundancia relativa fue significativamente mayor en Punta Blanca ($\chi^2 = 208.29$, $df = 1$, $p < 2.2 \times 10^{-16}$, Figura 3). El Phylum de los moluscos y el de los artrópodos fueron los más abundantes (Figura 4). Dentro de los moluscos, la familia dominante fue Littorinidae y en los artrópodos la familia Balanidae.

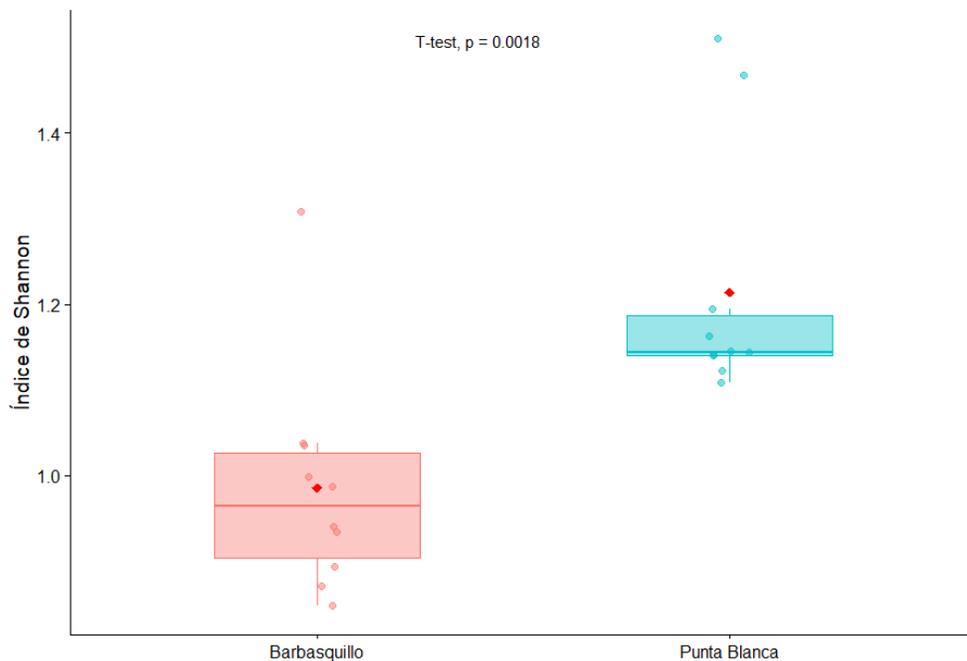


Figura 2. Índice de diversidad de Shannon.

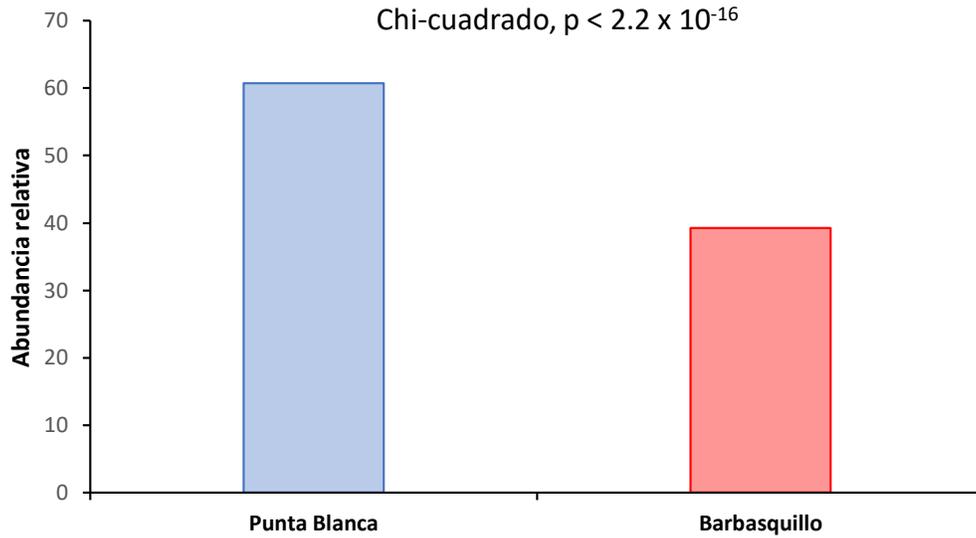
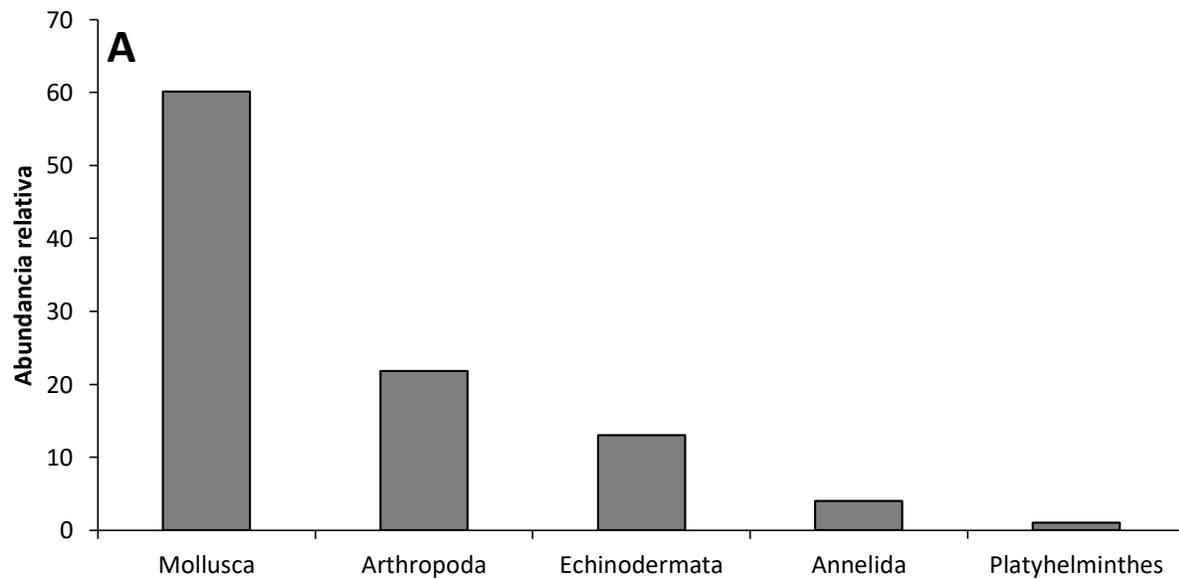


Figura 3. Abundancia relativa de macroinvertebrados.



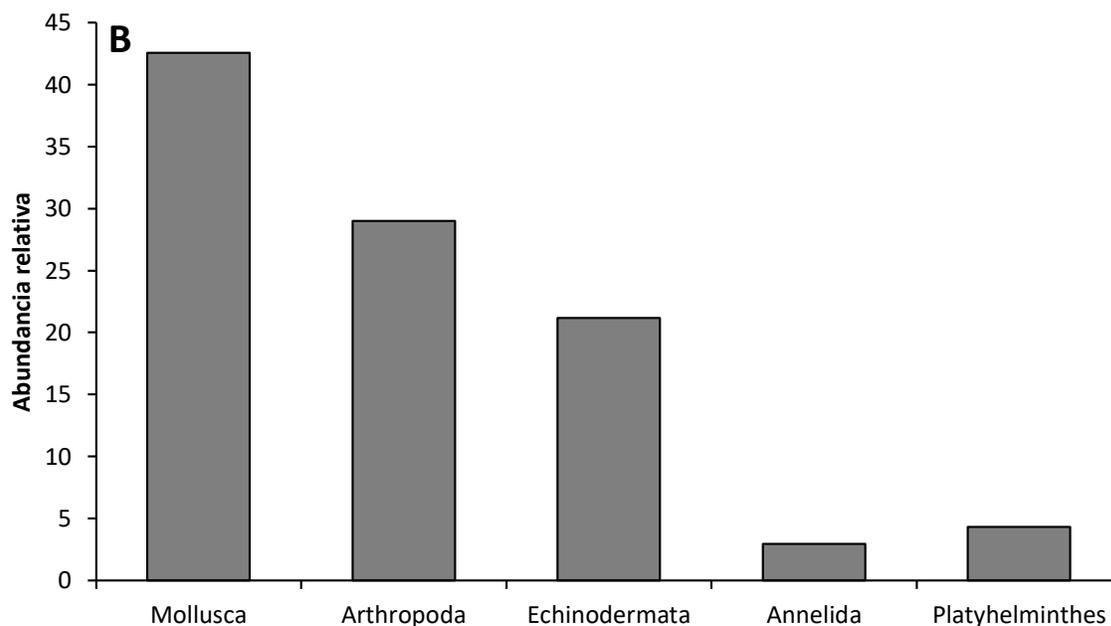


Figura 4. Phylum más abundantes en A Barbasquillo y B Punta Blanca.

Tabla 1. Estadística descriptiva del índice de Shannon.

Zona	Min	Max	Mediana	Promedio	DE
Barbasquillo	0.85	1.31	0.96	0.99	± 0.13
Punta Blanca	1.10	1.51	1.14	1.21	± 0.15

Tabla 2. Estadística descriptiva de los parámetros medidos in situ

Zona	Parámetro	Min	Max	Mediana	Promedio	DE
Barbasquillo	Temperatura (°C)	24	28.6	25	25.6	± 1.52
Punta Blanca		24.2	27.6	25.4	25.63	± 1.12
Barbasquillo	Conductividad (µS/cm)	1152	4600	3660	3321.9	± 1113.7
Punta Blanca		1316	5932	3065	3267.5	± 1338.4
Barbasquillo	Solidos disueltos (ppm)	1152	8700	2308.5	3249.4	± 2238.5
Punta Blanca		1515	7400	2225	3087	± 2110.5
Barbasquillo	Salinidad (‰)	31	35	33.5	33.3	± 1.15
Punta Blanca		31	34	33.5	32.9	± 1.28

Parámetros medidos in situ

La temperatura media durante los muestreos fue de 25.63 ± 1.12 °C en Punta Blanca y de 25.60 ± 1.52 °C en Barbasquillo (Figura 5A). En cuanto a la conductividad, se registraron promedios de 3267.50 ± 1338.38 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y de 3321.90 ± 1113.73 $\mu\text{S}/\text{cm}$ para Punta Blanca y Barbasquillo, respectivamente (Figura 5B). La media aritmética de sólidos disueltos totales fue de 3087 ± 2110.47 ppm en Punta Blanca, mientras que en Barbasquillo fue de 3249.40 ± 2238.50 ppm (Figura 5C). La salinidad en Punta Blanca fue en promedio de 32.90 ± 1.28 ‰ y en Barbasquillo fue de 33.30 ± 1.15 ‰ (Figura 5D). No hubo diferencias significativas entre las medias de la temperatura ($t = -0.050248$, $df = 16.588$, $p = 0.9605$), conductividad ($t = 0.0988$, $df = 17.425$, $p = 0.9224$), sólidos disueltos ($t = 0.16691$, $df = 17.938$, $p = 0.8693$) y salinidad ($t = 0.7303$, $df = 17.808$, $p = 0.4747$) de las zonas de estudio.

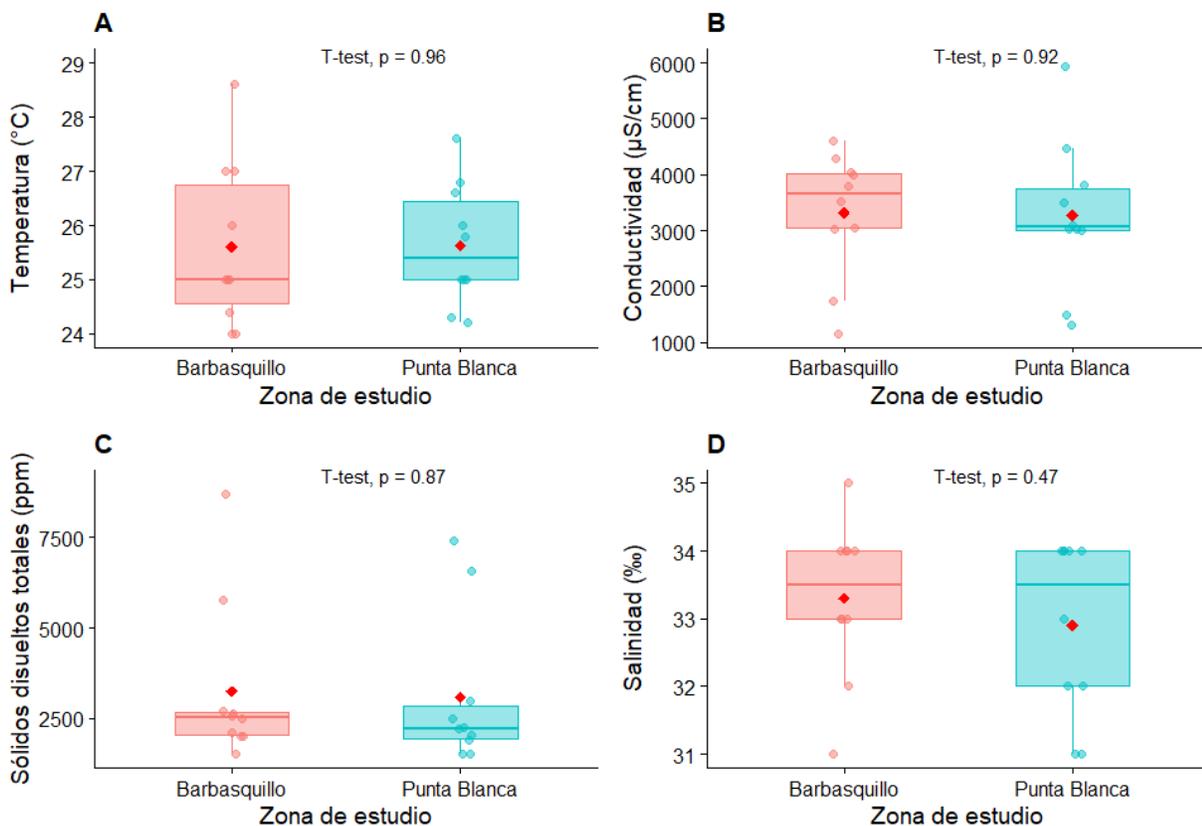


Figura 5. Parámetros medidos in situ: A. Temperatura, B Conductividad, C Sólidos totales, D. Salinidad

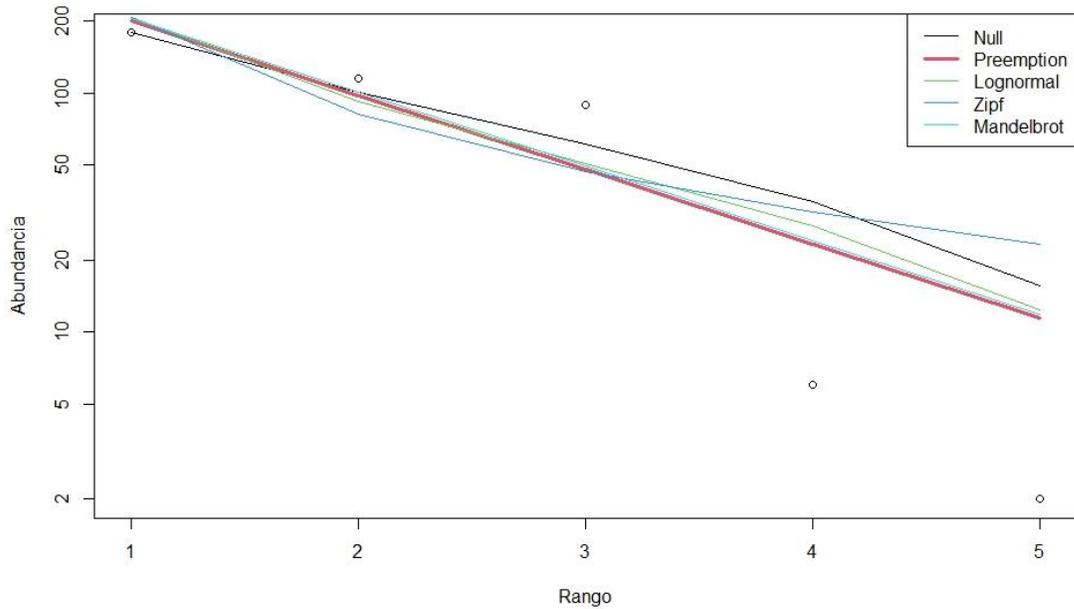


Figura 6. Modelos de rango-abundancia como resultado de los promediados de las 10 semanas de muestreo en Punta Blanca.

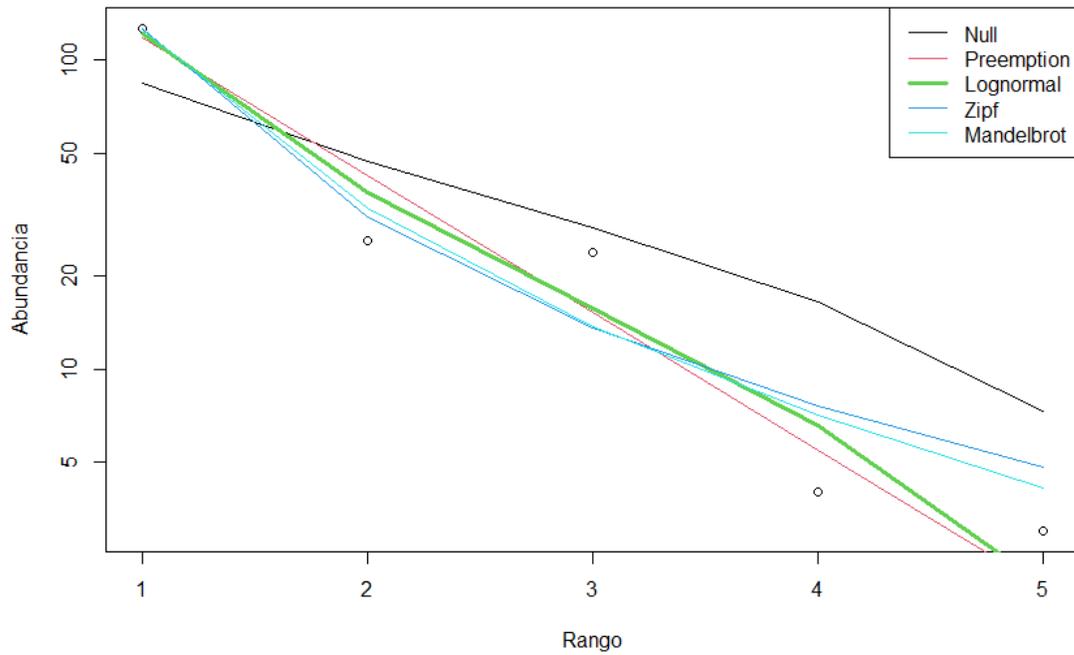


Figura 7. Modelos de rango-abundancia como resultado de los promedios de las 10 semanas de muestreo en Barbasquillo.

Discusión

La diversidad de Punta Blanca fue significativamente mayor que la de Barbasquillo. Esto es parecido a lo documentado por Villota Lizarralde (2014) en Santa Elena y Londoño-Cruz et al. (2014) en la Isla Gorgona, quienes encontraron diferencias significativas en los índices de diversidad en las diferentes áreas de muestreo. Las diferencias en los índices de diversidad encontradas en estos estudios es posible que pueden deberse a varios factores: perturbaciones naturales, antropogénicas y errores metodológicos que se pudieron haber cometido en el transcurso del estudio. La diversidad de especies es una propiedad importante de las comunidades porque a menudo está relacionada con su funcionamiento y potencial de cambio (Scrosati et al., 2011). Estos cambios en los componentes de la biodiversidad de la Tierra son motivo de preocupación por razones éticas y estéticas, pero también tienen un gran potencial para alterar las propiedades de los ecosistemas y los bienes y servicios que brindan a la humanidad (Hooper et al., 2005). Sin embargo, es imposible descubrir las funciones ecológicas que desempeña cada una de los millones de especies, y mucho menos todos sus beneficios para los humanos (Gascon et al., 2015).

En Ecuador existen varios estudios que versan sobre la abundancia de macroinvertebrados. Uno de ellos fue realizado por Cruz (2013), quien, en una Acta Oceanográfica del Pacífico, reportó que el Phylum más abundante fue el de los moluscos, lo cual parece coincidir con el presente estudio y por lo notificado por Cárdenas-Calle et al. (2020), quienes también reportaron al Phylum de los moluscos como el más abundante. Estos resultados parecen indicar que la zona intermareal del Ecuador está dominada por moluscos. Verberk (2011) menciona que los datos de abundancia son importantes porque pueden dar una idea de los aspectos menos visibles de una comunidad, como la competencia y la depredación. Por ejemplo, las observaciones de que dos especies ocurren juntas en muchos lugares, pero nunca coexisten en altas densidades (es decir, cuando una especie es numerosa, la otra es escasa), sugiere que estas especies compiten entre sí.

La temperatura media reportada en este estudio fue de 25.63 °C en Punta Blanca y de 25.60 °C en Barbasquillo. Esto coincide con lo reportado por Chinacalle-Martínez et al. (2021) en Manta, quienes notificaron una temperatura promedio de 25.1 °C entre 2003 y 2017. Sin embargo, estos resultados discrepan de lo informado por estos mismos autores en la parte sur y norte del Ecuador, en

donde documentaron una temperatura media de 24.2 °C y 26.6 °C para Puerto Bolívar y Esmeraldas, respectivamente, lo cual podría estar relacionado con la corriente de Humboldt y de Panamá.

La NOAA (2021) señala que la salinidad media del agua de mar es 35 partes por mil, la cual esta ligeramente por encima de los 32.90 ‰ y 33.30 ‰ reportados por este trabajo en Punta Blanca y Barbasquillo, respectivamente. Esto podría estar relacionado con las descargas de aguas en las zonas de estudio, aunque las variaciones en la salinidad también están relacionadas con la temperatura, la evaporación y la precipitación (NOAA, 2021).

Zheng et al. (2018) informaron que la conductividad del agua de mar en todos los lugares del mundo oscila entre 30000 y 60000 microSiemens/cm ($\mu\text{S}/\text{cm}$). Sin embargo, en este estudio se reportó una conductividad media de 3267.50 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y de 3321.90 $\mu\text{S}/\text{cm}$ para Punta Blanca y Barbasquillo, respectivamente. Las discrepancias en estos estudios es probable que estén relacionado con la baja salinidad reportada en las zonas de estudio, ya que la conductividad depende de la salinidad (Tyler et al., 2017).

En cuanto a los sólidos disueltos totales (TDS por sus siglas en inglés), en este trabajo se encontró un promedio de TDS de 3087 ppm en Punta Blanca, mientras que en Barbasquillo fue de 3249.40 ppm. Estos valores se encuentra dentro del rango reportado por Moran (2018), quien informó que los TDS de agua de mar se encuentran entre 500 a 30000 ppm.

Alvarez Carrion & Rivera (2007) señalan que los macroinvertebrados son sensibles a distintas condiciones físicas y químicas, por lo que un cambio en la calidad del agua podría cambiar también la estructura y composición de las comunidades acuáticas.

Belaoussoff & Kevan (2003) indican que tanto las distribuciones geométricas (Preemption) como las logarítmicas resultan cuando se produce la preferencia del nicho. En otra palabras, los resultados encontrados en este estudio sugieren que tanto en la zona intermareal rocosa de Punta Blanca como la de Barbasquillo unas pocas especies ocupan la mayor parte del nicho, lo cual concuerda con lo reportado por Do et al. (2014), quienes encontraron un mejor ajuste en la distribución logarítmica según el criterio de Akaike y el criterio Bayesiano.

Finalmente, Amaral & Jablonski (2005) y Cavalcante Morais & Tony Lee (2014) mencionan que la identificación taxonómica a nivel de especies es un problema común para las investigaciones

sobre invertebrados marinos. Por lo tanto, es muy probable que el número de especies de este estudio este subestimado.

Conclusiones

En este estudio se encontraron un total de 5 Phylum: Annelida, Arthropoda, Echinodermata, Mollusca y Platyhelminthes. El Phylum de los moluscos y el de los artrópodos fueron los más abundantes, mientras que los menos abundantes fueron los anélidos y los platelmintos, tanto en Punta Blanca como en Barbasquillo. La diversidad y abundancia fueron significativamente mayor en Punta Blanca. No se encontró ninguna relación significativa entre los parámetros medidos in situ con la diversidad y abundancia de ambas zonas. Los modelos que mejor se ajustaron fueron el Geométrico y el Log-normal. Por último, se recomienda realizar investigaciones a largo plazo y con un mayor número de variables física, química y biológica para poder encontrar algún patrón a lo largo del tiempo. También es necesario que futuros estudios puedan identificar los macroinvertebrados a nivel de especies, a través de expertos en el tema.

Referencias

- Alvarez Carrion, S. M., & Rivera, L. (2007). Evaluación de la calidad de agua mediante la utilización de macroinvertebrados acuáticos en la subcuenca del Yeguaré, Honduras [tesis de pregrado, Universidad Zamorano].
- Amaral, A. C. Z., & Jablonski, S. (2005). Conservation of Marine and Coastal Biodiversity in Brazil. *Conservation Biology*, 19(3), 625-631.
- Araújo, C. V. M., & Cedeño-Macias, L. A. (2016). Heavy metals in yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) and common dolphinfish (*Coryphaena hippurus*) landed on the Ecuadorian coast. *Science of The Total Environment*, 541, 149-154. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.09.090>
- Arias Cedeño, E. (2012). Estado actual de la diversidad de moluscos bivalvos perforadores de madera en la Puntilla de Santa Elena (Salinas) [tesis de pregrado, Universidad de Guayaquil]. <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/1749>

- Arteaga, C., & Arteaga, H. (2016). Evaluación química y microbiológica de la playa de “los esteros” en la ciudad de Manta. *La Granja*, 23. <https://doi.org/10.17163/lgr.n23.2016.05>
- Belaoussoff, S., & Kevan, P. G. (2003). Are There Ecological Foundations for Ecosystem Health? *Environment Systems and Decisions*, 23(3), 255-263.
- Bhadja, P., Poriya, P., & Kundu, R. (2014). Community Structure and Distribution Pattern of Intertidal Invertebrate Macrofauna at Some Anthropogenically Influenced Coasts of Kathiawar Peninsula (India). *Advances in Ecology*, 2014, e547395. <https://doi.org/10.1155/2014/547395>
- Cárdenas-Calle, M., Mora, E., Torres, G., Pérez-Correa, J., Bigatti, G., Signorelli, J., & Coronel, J. (2020). Marine invertebrate and seaweed biodiversity of continental coastal Ecuador. *Biodiversity Data Journal*, 8, e53818. <https://doi.org/10.3897/BDJ.8.e53818>
- Castilla, J. C. (1999). Coastal marine communities: Trends and perspectives from human-exclusion experiments. *Trends in Ecology & Evolution*, 14(7), 280-283. [https://doi.org/10.1016/S0169-5347\(99\)01602-X](https://doi.org/10.1016/S0169-5347(99)01602-X)
- Castilla, J. C. (2000). Roles of experimental marine ecology in coastal management and conservation. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 250(1), 3-21. [https://doi.org/10.1016/S0022-0981\(00\)00177-5](https://doi.org/10.1016/S0022-0981(00)00177-5)
- Cavalcante Morais, G., & Tony Lee, J. (2014). Intertidal benthic macrofauna of rare rocky fragments in the Amazon region. *Revista de Biología Tropical*, 62(1), 84-101.
- Chinacalle-Martínez, N., García-Rada, E., López-Macías, J., Pinoargote, S., Loor, G., Zevallos-Rosado, J., Cruz, P., Pablo, D., Andrade, B., Robalino-Mejía, C., Añazco, S., Guerrero, J., Intriago, A., Veelenturf, C., & Peñaherrera-Palma, C. (2021). Oceanic primary production trend patterns along coast of Ecuador. *Neotropical Biodiversity*, 7(1), 379-391. <https://doi.org/10.1080/23766808.2021.1964915>
- Crowe, T. P., Thompson, R. C., Bray, S., & Hawkins, S. J. (2000). Impacts of anthropogenic stress on rocky intertidal communities. *Journal of Aquatic Ecosystem Stress and Recovery*, 7(4), 273-297. <https://doi.org/10.1023/A:1009911928100>
- Cruz, M. (1977). Bivalvos de la plataforma continental de la Región Norte de Ecuador. Instituto Oceanográfico: Guayaquil.

- Cruz, M. (1992a). Estado actual del recurso malacológico (Bivalvos y gasterópodos) de la zona infralitoral del Golfo de Guayaquil. *Acta Oceanográfica del Pacífico*. Guayaquil: INOCAR.
- Cruz, M. (1992b). Moluscos incrustantes de maderas en el mar ecuatoriano. *Acta Oceanográfica del Pacífico*. Guayaquil: INOCAR.
- Cruz, M. (1996). Pterópodos tecosomados y heterópodos (Gasterópodos) como bioindicadores del evento «El Niño» 1992, en la estación fija «La Libertad», Ecuador. *Acta Oceanográfica del Pacífico*. Guayaquil: INOCAR.
- Cruz, M. (2007). Nueva distribución de moluscos meiobentónicos (Gasterópoda: Familia Caecidae), en la costa ecuatoriana, 2006. *Acta Oceanográfica del Pacífico*. Guayaquil: INOCAR.
- Cruz, M. (2009). Variación de la malacofauna bentónica intermareal y submareal de la Bahía de Santa Elena, Ecuador, entre el 2006—2007. *Acta Oceanográfica del Pacífico*. Guayaquil: INOCAR.
- Cruz, M. (2013). Especies de moluscos submareales e intermareales y macrofauna bentónica de la Bahía de Manta, Ecuador. *Acta Oceanográfica del Pacífico*. Guayaquil: INOCAR.
- Cruz, M., Gaibor, N., Mora, E., Jiménez, R., & Mair, J. (2003). The known and unknown about marine biodiversity in Ecuador (continental and insular). *Gayana*, 67, 232-260.
- Custodio, M., Chanamé, F., Pizarro, S., & Cruz, D. (2018). Quality of the aquatic environment and diversity of benthic macroinvertebrates of high Andean wetlands of the Junín region, Peru. *The Egyptian Journal of Aquatic Research*, 44(3), 195-202. <https://doi.org/10.1016/j.ejar.2018.08.004>
- Do, Y., Kim, J. Y., Kim, G.-Y., & Joo, G.-J. (2014). Importance of closed landfills as green space in urbanized areas: Ecological assessment using carabid beetles. *Landscape and Ecological Engineering*, 10(2), 277-284. <https://doi.org/10.1007/s11355-013-0223-x>
- Fernandez, D. (2019). *Laboratorio de Ecología de Comunidades: Biodiversidad*. RPubs. <https://rpubs.com/dsfernandez/468964>
- Gamfeldt, L., & Hillebrand, H. (2008). Biodiversity Effects on Aquatic Ecosystem Functioning – Maturation of a New Paradigm. *International Review of Hydrobiology*, 93(4-5), 550-564. <https://doi.org/10.1002/iroh.200711022>

- Gascon, C., Brooks, T. M., Contreras-MacBeath, T., Heard, N., Konstant, W., Lamoreux, J., Launay, F., Maunder, M., Mittermeier, R. A., Molur, S., Al Mubarak, R. K., Parr, M. J., Rhodin, A. G. J., Rylands, A. B., Soorae, P., Sanderson, J. G., & Vié, J.-C. (2015). The Importance and Benefits of Species. *Current Biology*, 25(10), R431-R438. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2015.03.041>
- Halpern, B. S., Selkoe, K. A., Micheli, F., & Kappel, C. V. (2007). Evaluating and Ranking the Vulnerability of Global Marine Ecosystems to Anthropogenic Threats. *Conservation Biology*, 21(5), 1301-1315. <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2007.00752.x>
- Halpern, B. S., Walbridge, S., Selkoe, K. A., Kappel, C. V., Micheli, F., D'Agrosa, C., Bruno, J. F., Casey, K. S., Ebert, C., Fox, H. E., Fujita, R., Heinemann, D., Lenihan, H. S., Madin, E. M. P., Perry, M. T., Selig, E. R., Spalding, M., Steneck, R., & Watson, R. (2008). A Global Map of Human Impact on Marine Ecosystems. *Science*, 319(5865), 948-952. <https://doi.org/10.1126/science.1149345>
- Hooper, D. U., Chapin III, F. S., Ewel, J. J., Hector, A., Inchausti, P., Lavorel, S., Lawton, J. H., Lodge, D. M., Loreau, M., Naeem, S., Schmid, B., Setälä, H., Symstad, A. J., Vandermeer, J., & Wardle, D. A. (2005). Effects of Biodiversity on Ecosystem Functioning: A Consensus of Current Knowledge. *Ecological Monographs*, 75(1), 3-35. <https://doi.org/10.1890/04-0922>
- Istiqlal, B. A., Kasa, I. W., & Yusup, D. S. (2018). Invertebrates Diversity of Merta Segara and Nyangnyang Beach: Comparison Study of Two Beaches with Different Characteristics. *Advances in Tropical Biodiversity and Environmental Sciences*, 2(2), 14-20. <https://doi.org/10.24843/ATBES.2018.v02.i02.p01>
- Kindt, R. (2021). BiodiversityR: Package for Community Ecology and Suitability Analysis (2.13-1) [Computer software]. <https://CRAN.R-project.org/package=BiodiversityR>
- León Montero, A. E. (2018). Distribución espacial de macroinvertebrados bentónicos en el intermareal rocoso de la Punta de San Lorenzo, Santa Elena, Ecuador. <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/33668>
- Londoño-Cruz, E., López de Mesa-Agudelo, L. Á., Arias-Galvez, F., Herrera-Paz, D. L., Prado, A., Cuella, L. M., & Cantera, J. (2014). Distribution of macroinvertebrates on intertidal rocky

- shores in Gorgona Island, Colombia (Tropical Eastern Pacific). *Revista de Biología Tropical*, 62, 189-198.
- Macadam, C. R., & Stockan, J. A. (2015). More than just fish food: Ecosystem services provided by freshwater insects. *Ecological Entomology*, 40(S1), 113-123. <https://doi.org/10.1111/een.12245>
- Mair, J., Mora Sánchez, E., & Padilla, M. C. (2002). *Manual de campo de los invertebrados bentónicos marinos: Moluscos, crustáceos y equinodermos de la zona litoral Ecuatoriana*. Universidad de Guayaquil y Heriot-Watt University.
- Massay, S., Correa, J., & Mora Sánchez, E. (1993). *Catálogo de peces, crustáceos y moluscos de mayor importancia comercial en Ecuador*. Instituto nacional de pesca. Instituto Nacional de Pesca: Guayaquil.
- Micheli, F., Heiman, K. W., Kappel, C. V., Martone, R. G., Sethi, S. A., Osio, G. C., Frascchetti, S., Shelton, A. O., & Tanner, J. M. (2016). Combined impacts of natural and human disturbances on rocky shore communities. *Ocean & Coastal Management*, 126, 42-50. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2016.03.014>
- Mora, E. (1990). *Catálogo de bivalvos marinos del Ecuador*. Instituto Nacional de Pesca: Guayaquil.
- Mora, E. (1990). *Catálogo de bivalvos marinos del Ecuador*. Instituto Nacional de Pesca: Guayaquil.
- Mora, E., & Reinoso, B. (1981). Investigaciones preliminares sobre el estado actual de las poblaciones de ostiones en tres zonas del Estuario Interior del Golfo de Guayaquil. *Revista de Ciencias del Mar y Limnología*, 1 (1).
- Mora, E., Jurado, V., & Méndez, W. (2010). Diversidad de macroinvertebrados en la plataforma continental de Ecuador. *Revista de Ciencias del Mar y Limnología*, 4(2), 101-116.
- Moran, S. (2018). Chapter 6—Clean water characterization and treatment objectives. En S. Moran (Ed.), *An Applied Guide to Water and Effluent Treatment Plant Design* (pp. 61-67). Butterworth-Heinemann. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811309-7.00006-0>
- Moreno, C. (2001). *Métodos para medir la biodiversidad*. M&T- Manuales y Tesis SEA, vol I. Zaragoza.
- Nieto, C., Ovando, X. M. C., Loyola, R., Izquierdo, A., Romero, F., Molineri, C., Rodríguez, J., Rueda Martín, P., Fernández, H., Manzo, V., & Miranda, M. J. (2017). The role of

macroinvertebrates for conservation of freshwater systems. *Ecology and Evolution*, 7(14), 5502-5513. <https://doi.org/10.1002/ece3.3101>

NOAA. (2021). Why is the ocean salty? National Ocean Service website, <https://oceanservice.noaa.gov/facts/whysalty.html#:~:text=The%20concentration%20of%20salt%20in,and%20high%20at%20mid%2Dlatitudes>.

Nordlund, L. M., de la Torre-Castro, M., Erlandsson, J., Conand, C., Muthiga, N., Jiddawi, N., & Gullström, M. (2014). Intertidal Zone Management in the Western Indian Ocean: Assessing Current Status and Future Possibilities Using Expert Opinions. *Ambio*, 43(8), 1006-1019. <https://doi.org/10.1007/s13280-013-0465-8>

Núñez, L., & Infante-Rivero, E. (2019). composición y abundancia de la avifauna de un bosque seco tropical intervenido del Municipio Mara, Estado Zulia, Venezuela. *Boletín del Centro de Investigaciones Biológicas*, 53(1), 15-37.

Ochieng, H., Gandhi, W. P., Magezi, G., Okot-Okumu, J., & Odong, R. (2021). Diversity of benthic macroinvertebrates in anthropogenically disturbed Aturukuku River, Eastern Uganda. *African Zoology*, 56(2), 85-103. <https://doi.org/10.1080/15627020.2021.1885309>

Oksanen, J. (2013). *Vegan: Ecological diversity. Community Ecology Package*. R package version 1.17-10

Quimí Pozo, J. J. (2019). Distribución de las comunidades de macroinvertebrados marinos en la zona intermareal rocosa de Capaes y Punta Blanca, provincia de Santa Elena [tesis de pregrado, Universidad Estatal Península de Santa Elena]. <https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/4815>

R Core Team. (2020). *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.R-project.org/>

Ríos, T., Vega, J. A. A. B., & Guinard, J. D. C. (2013). Diversidad y abundancia de macroinvertebrados acuáticos y calidad del agua de las cuencas alta y baja del río Gariché, provincia de Chiriquí, Panamá. *Gestión y Ambiente*, 16(2), 61-70.

Roldán Pérez, G. (1988). *Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del departamento de Antioquia*. Universidad de Antioquia: Medellín.

- Scrosati, R. A., Knox, A. S., Valdivia, N., & Molis, M. (2011). Species richness and diversity across rocky intertidal elevation gradients in Helgoland: Testing predictions from an environmental stress model. *Helgoland Marine Research*, 65(2), 91-102. <https://doi.org/10.1007/s10152-010-0205-4>
- Shannon, C. E. (1948). A Mathematical Theory of Communication. *Bell System Technical Journal*, 27(3), 379-423. <https://doi.org/10.1002/j.1538-7305.1948.tb01338.x>
- Sonnenholzner, J., Brandt, M., Francisco, V., Hearn, A., Luzuriaga, M., Guarderas, P., & Navarro, J. C. (2013). Echinoderms of Ecuador. En J. J. Alvarado & F. A. Solis-Marin (Eds.), *Echinoderm Research and Diversity in Latin America* (pp. 183-233). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-642-20051-9_6
- Stachowicz, J. J., Bruno, J. F., & Duffy, J. E. (2007). Understanding the Effects of Marine Biodiversity on Communities and Ecosystems. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 38(1), 739-766. <https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.38.091206.095659>
- Thompson, R. C., Crowe, T. P., & Hawkins, S. J. (2002). Rocky intertidal communities: Past environmental changes, present status and predictions for the next 25 years. *Environmental Conservation*, 29(2), 168-191. <https://doi.org/10.1017/S0376892902000115>
- Tyler, R. H., Boyer, T. P., Minami, T., Zweng, M. M., & Reagan, J. R. (2017). Electrical conductivity of the global ocean. *Earth, Planets and Space*, 69(1), 156. <https://doi.org/10.1186/s40623-017-0739-7>
- Verberk, W. (2011) Explaining General Patterns in Species Abundance and Distributions. *Nature Education Knowledge* 3(10):38
- Villamar, F. (1983). Poliquetos bentónicos del Golfo de Guayaquil. *Acta Oceanográfica del Pacífico*. Guayaquil: INOCAR. <https://aquadocs.org/handle/1834/2101>
- Villamar, F. (1986). Distribución de los poliquetos bentónicos en el Golfo de Guayaquil. *Acta Oceanográfica del Pacífico*. Guayaquil: INOCAR. <https://aquadocs.org/handle/1834/2110>
- Villamar, F. (1989). Estudio de los poliquetos bentónicos en el Golfo de Guayaquil, exterior (Canal del Morro y Jambelí). *Acta Oceanográfica del Pacífico*. Guayaquil: INOCAR.

- Villota Lizarralde, D. C. (2014). Biodiversidad y abundancia de macroinvertebrados bentónicos de la zona intermareal en la reserva de producción faunística marino costera puntilla de Santa Elena los meses de noviembre 2013 hasta febrero 2014 [tesis de pregrado, Universidad Estatal Península de Santa Elena]. <https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/1475>
- Wickham, H. (2016). *ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis* (2.a ed.). Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-24277-4>
- Wickham, H., Averick, M., Bryan, J., Chang, W., McGowan, L. D., François, R., Grolemund, G., Hayes, A., Henry, L., Hester, J., Kuhn, M., Pedersen, T. L., Miller, E., Bache, S. M., Müller, K., Ooms, J., Robinson, D., Seidel, D. P., Spinu, V., ... Yutani, H. (2019). Welcome to the Tidyverse. *Journal of Open Source Software*, 4(43), 1686. <https://doi.org/10.21105/joss.01686>
- Xue, J., Yang, J., Wang, Q., Aronson, R. B., & Wu, H. (2019). Community structure of benthic macroinvertebrates in reclaimed and natural tidal flats of the Yangtze River estuary. *Aquaculture and Fisheries*, 4(5), 205-213. <https://doi.org/10.1016/j.aaf.2019.04.001>
- Zar, J. H. (2010). *Biostatistical Analysis*. Prentice Hall.
- Zheng, Z., Fu, Y., Liu, K., Xiao, R., Wang, X., & Shi, H. (2018). Three-stage vertical distribution of seawater conductivity. *Scientific Reports*, 8(1), 9916. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-27931-y>

