

# Variación espacial de la diversidad del macrobentos en la reserva marina el pelado<sup>1</sup>

Maritza Cárdenas-Calle, Miguel Triviño<sup>2</sup>, Katuska Rubira<sup>3</sup>, Luis Troccoli<sup>4</sup>

## RESUMEN

**Introducción:** La Reserva Marina El Pelado es una importante área protegida de la costa ecuatoriana debido a la conectividad que tiene con otras áreas marinas protegidas. **Objetivo:** Identificar patrones de variación espacial en la estructura comunitaria del macrobentos de fondos someros. **Materiales y Métodos:** Se muestrearon diez sitios en la zona cercana a la costa y al Islote El Pelado. La abundancia de macroinvertebrados y organismos sésiles se estimó visualmente mediante buceo a lo largo de dos transectos en banda paralelos a la costa. Cada transecto fue de 50 m de longitud y 5 m de ancho, con una superficie total de 500 m<sup>2</sup> por localidad. Se registró salinidad,

pH, cloro residual, oxígeno, material flotante, coliformes fecales, mercurio, aceites y grasas en la superficie del mar. **Resultados:** Se identificaron 92 especies (86 especies de invertebrados y 6 especies de macroalgas); el grupo mejor representado fue el de los cnidarios con 31 especies de 13 familias, seguido de los moluscos con 15 especies de 11 familias. Las especies con mayores abundancias media fueron de macroinvertebrados *Echinometra vanbrunti* (21.54%), de organismos sésiles *Bugula californica* (34.2%). **Conclusiones:** No se encontraron diferencias significativas en la diversidad, riqueza y equidad de especies del macrobentos entre las zonas de estudio.

1 Artículo original derivado del proyecto de investigación titulado "Caracterización de macroinvertebrados y peces de la Reserva Marina El Pelado" Entidad financiadora: Subsecretaría de Gestión Marino Costera–Ministerio del Ambiente, fecha de realización entre junio 28 y julio 13 del año 2013.

Biólogo, Ph.D. Biología Marina, Docente-Investigador, Facultad de Ingeniería Química, Universidad de Guayaquil, maritza.cardenasc@ug.edu.ec, maritzacardenascalle@gmail.com, ORCID: 0000-0001-5237-9137.

2 Biólogo, buzo investigador, Bioelite, bioelitesa@gmail.com, ORCID:0000-0002-9924-0498.

3 Biólogo, MSc en Ciencias Ambientales, Docente–Investigador, Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad de Guayaquil, katuska.rubirac@edu.ec, katuskarubira2108@gmail.com, ORCID: 0000-0003-3183-0739.

4 Lic. Biología marina, Doctor en Ciencias Marinas, Facultad de Ciencias del Mar, Universidad Estatal Península de Santa Elena, ltroccoli@upse.edu.ec, luis.troccoli@gmail.com, ORCID:0000-0001-8684-6741.

Artículo recibido: 1/05/2018; Artículo aprobado: 19/07/2018

Autor para correspondencia, Maritza Cárdenas-Calle, E-mail: maritzacardenascalle@gmail.com

**PALABRAS CLAVE:** comunidades bentónicas, estructura, tropical, océano Pacífico, áreas protegidas

## **Spatial variation of the macrobenthos diversity in the El Pelado Marine Reserve.**

### **ABSTRACT**

**Introduction:** The El Pelado Marine Reserve is an important protected area of the Ecuadorian coast due to the connectivity it has with other marine protected areas. **Objective:** Identify patterns of spatial variation in the community structure of shallow fund macrobenthos. **Materials and Methods:** Ten sites were sampled in the area near the coast and the El Pelado Islet. The abundance of macroinvertebrates and sessile organisms was estimated visually by diving along two parallel transects parallel to the coast. Each transect was 50 m long and 5 m wide, with a total area of 500 m<sup>2</sup> per location. Salinity, pH, residual chlorine, oxygen, floating material, fecal coliforms, mercury, oils and fats were recorded on the sea surface. **Results:** 92 species were identified (86 species of invertebrates and 6 species of macroalgae); the best represented group was the cnidarians with 31 species from 13 families, followed by the molluscs with 15 species from 11 families. The species with higher average abundances were of macroinvertebrates *Echinometra vanbrunti* (21.54%), sessile organisms *Bugula californica* (34.2%). **Conclusions:** No significant differences

were found in the diversity, richness and equity of macrobenthic species between study areas.

**KEY WORDS:** benthic communities, structure, tropical, Pacific Ocean, protected areas

## **Variación espacial da diversidade macrobêntica na Reserva Marinha de El Pelado**

### **RESUMO**

**Introdução:** A Reserva Marinha El Pelado é uma importante área protegida da costa equatoriana, devido à conectividade que tem com outras áreas marinhas protegidas. **Objetivo:** Identificar padrões de variação espacial na estrutura da comunidade de macrobentos fundos rasos. **Materiais e Métodos:** Dez locais foram amostrados na área próxima à costa e na Ilhota de El Pelado. A abundância de macroinvertebrados e organismos sésseis foi estimada visualmente mergulhando-se ao longo de dois transectos paralelos paralelos à costa. Cada transecto tinha 50 m de comprimento e 5 m de largura, com uma área total de 500 m<sup>2</sup> por localização. Salinidade, pH, cloro residual, oxigênio, material flutuante, coliformes fecais, mercúrio, óleos e gorduras foram registrados na superfície do mar. **Resultados:** foram identificadas 92 espécies (86 espécies de invertebrados e 6 espécies de macroalgas); O grupo mais bem representado foi o

de cnidários com 31 espécies de 13 famílias, seguido dos moluscos com 15 espécies de 11 famílias. As espécies com maior abundância média foram de macroinvertebrados *Echinometra vanbrunti* (21,54%), organismos sésseis *Bugula californica* (34,2%). **Conclusões:** Não foram encontradas

diferenças significativas na diversidade, riqueza e equidade das espécies macrobênticas entre as áreas de estudo

**PALAVRAS CHAVE:** comunidades bentônicas, estrutura, tropical, Oceano Pacífico, áreas protegidas.

---

## INTRODUCCIÓN

La macrofauna bentónica es un componente clave para la valoración de la salud ambiental en ecosistemas acuáticos especialmente la fauna sésil asociado a fondos blandos y rocosos que tienen escasa o ninguna movilidad y que están expuesto permanentemente a la influencia directa de la contaminación, depósito de materia orgánica (Nasi et al., 2018).

La estructura de las comunidades biológicas responden ante cambios ambientales y actividades humanas por ello junto a variables ambientales (Borja, Muxika, & Franco, 2003) son comúnmente evaluados en monitoreos espacio temporales en Áreas Marinas Protegidas (AMP) para medir la eficacia en el logro de los objetivos de manejo y zonificación en áreas marinas mediante observaciones o experimentos *in situ* a diferentes escalas espaciales (Ferrari et al., 2018) y para delimitar áreas biogeográficas (Fernández, Jiménez, & Thays, 2014).

Hasta el momento son algunos los trabajos realizados sobre el macrobentos en la Reserva Marina

El Pelado, entre estos se encuentran inventarios biológicos rápidos (IBR) cuantitativos de macroinvertebrados efectuados en el Bajo El Planchón en el 2008 (Cárdenas, 2008) donde se registró 31 especies de macroinvertebrados, en el 2012 en El Cuarenta, Área protegida Los Corales y Pared (Rivera, 2012) se observó 43 especies y en sitios de buceo cercanos al Islote El Pelado (Cárdenas-Calle & Triviño, 2014) 64 especies. Sin embargo, la mayoría de los estudios han estado focalizados a los sitios situados alrededor del Islote El Pelado, existiendo un vacío de la información sobre las comunidades presente en el margen costero, por lo que el propósito de este estudio fue conocer la estructura comunitaria del macrobentos en el margen costero y el área circundante al Islote para determinar diferencias entre los ensamblajes biológicos.

## MATERIALES Y MÉTODOS

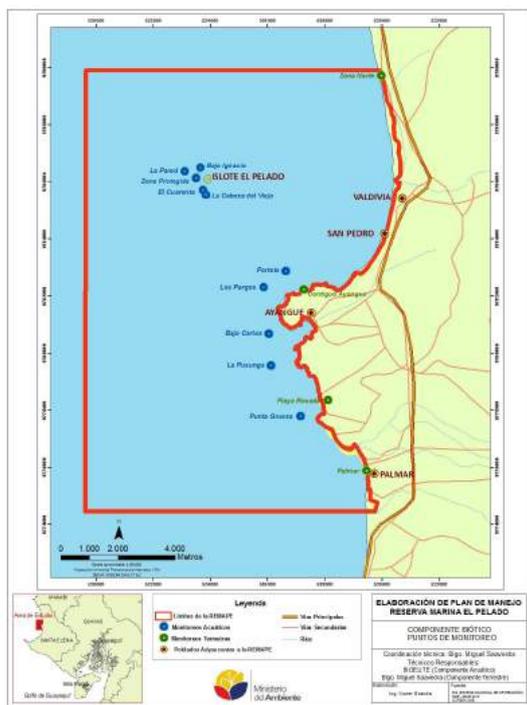
### Área de Estudio

La Reserva Marina El Pelado (REMAPE) se encuentra ubicada en la Provincia de Santa Elena, tiene una extensión

de 13.014 ha incluye un islote y una zona marina costera, sus fondos están formados por estructuras arrecifales rocosas y parches coralinos que son hábitat y refugio de peces e invertebrados (Ministerio del Ambiente, 2014). Entre los principales hábitats submareales que posee esta área se encuentran fondos duros y suaves, arrecifes coralinos, paredes verticales y sustratos artificiales (Cárdenas & Triviño, 2014). Incluye una bahía conocida como Ayangué y el borde costero está conformado por playas, acantilados altos y bajos, así como un sistema de planicies litorales y flechas de barrera (Boothroyd, Ayón, Robadue, Vásconez, & Noboa, 1994).

Se realizaron muestreos puntuales a nivel submareal en la Reserva Marina El Pelado durante junio y julio de 2013. Se establecieron diez localidades de estudio, cinco localizados alrededor del Islote El Pelado: La Pared (LPAR), la Zona Protegida (ZP), La Cabeza del Viejo (BCV), Bajo Ignacio (BSI) y El Cuarenta (BC) y cinco en el margen costero Pusunga (LPUS), Bajo Carlos (BC), Los Pargos (LPARG), Bajo Portete (BP) y Punta Gruesa (PG) (Figura 1). Para la cuantificación de macroinvertebrados móviles, organismos sésiles (invertebrados y macroalgas) y peces se realizaron censos visuales y se usaron transectos y cuadrantes. En cada sitio se colocaron dos transectos paralelos a la costa de 50 m de longitud ubicados entre 8 y 30 m de profundidad en las distintas localidades (Edgard et al., 2011).

## Muestreo



**Figura 1.** Ubicación geográfica de los sitios de estudio en la Reserva Marina El Pelado.  
**Fuente:** Ministerio del Ambiente, 2013.

Para la evaluación de macroinvertebrados móviles (moluscos, equinodermos y crustáceos > 2.5 cm de longitud) un buzo se desplazó a lo largo del transecto, contando los organismos presentes a cada lado del transecto en un rango de 1 m a cada lado del mismo. Se registró el número de individuos de cada especie presente en los dos lados del transecto, muestreando un área total de 100 m<sup>2</sup> por transecto, esto permitió cubrir un área de 500 m<sup>2</sup> y registrar las especies y el número de individuos.

Para los organismos sésiles se usaron cuadrantes de 1m<sup>2</sup>, los mismos que fueron colocados sobre el transecto cada 5 m, se evaluó un total de 10 cuadrantes por cada transecto. Se consideró adicionalmente las especies

que estaban en los 10 m continuos al término de cada transecto para el listado de presencia de especies (\*) pero estas no fueron consideradas para los cálculos de abundancia e índices ecológicos. Se cuantificaron los puntos de intersección ocupados por organismos sésiles y fueron identificados hasta el nivel taxonómico más bajo posible. A partir de estos datos se determinó la abundancia y diversidad de macroinvertebrados móviles y organismos sésiles, las especies que no se identificaron en campo fueron transportadas al laboratorio para su posterior identificación mediante claves taxonómicas específicas. Para equinodermos (Caso, 1961; Hickman, 1998); moluscos (Keen, 1971; Morris, 1966); crustáceos (Hickman & Todd, 2000), y otros invertebrados (Brusca, 1973).

Para determinar características químicas y algún tipo de contaminación en las aguas superficiales se muestreó en la superficie del mar la salinidad, oxígeno disuelto, pH, cloro residual, material flotante, *Coliformes fecales*, mercurio, aceites y grasas en zonas con mayor influencia antrópica (Bahía de Ayangué, Palmar, Valdivia) y menor influencia en Islote El Pelado. Las cuales fueron colectadas por triplicado y analizadas usando metodologías estandarizadas por un laboratorio acreditado. Los valores registrados fueron comparados con la normativa ambiental ecuatoriana del Libro VI Del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA). Anexo 1: Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes

al Recurso Agua. Tabla 2. Criterios de calidad admisibles para la preservación de la vida acuática y silvestre en aguas dulces, marinas y de estuarios y la tabla 6. Criterios de calidad de aguas para fines recreativos mediante contacto primario (Acuerdo Ministerial No. 097A Publicado en el Registro Oficial edición especial No. 387, 2015).

## Análisis estadísticos

Se analizó la abundancia de las especies de los grupos estudiados mediante análisis multivariados y ordenaciones usados en estudios de ecología de comunidades biológicas (Clarke & Warwick, 2001) con el propósito de comparar las diferencias de los ensamblajes bióticos entre las zonas de estudio. Para examinar visualmente los ensamblajes se realizó análisis de escalamiento multidimensional no métrico (MDS), mediante la ordenación de los datos, estos fueron transformados con raíz cuarta para reducir la influencia de las especies con los valores más altos (Clarke & Warwick, 1994). Se utilizó el coeficiente de Bray-Curtis como un parámetro de semejanza a través del uso del software Plymouth Routines in Multivariate Ecological Research (PRIMER) versión 6.0. Para estimar la riqueza de especies (S), diversidad (H') usando logaritmo base 2 y la equitabilidad (J') con el índice de Pielou se usó la rutina DIVERSE. Para poner a prueba la hipótesis de que existen diferencias en las estructuras comunitarias de macroinvertebrados, organismos sésiles y peces asociados a la zona costera y zona cercana al Islote El

Pelado, se realizó una comparación por parejas (t-student), a partir de los índices de riqueza, diversidad y equitabilidad, luego de comprobar el cumplimiento de normalidad y homogeneidad de varianzas (Zar, 1996).

## RESULTADOS

**Condiciones ambientales.** El análisis de variables ambientales confirmó que las aguas superficiales de los sitios muestreados fueron homogéneas a nivel de oxígeno, salinidad y pH, caracterizadas por altas concentraciones de oxígeno disuelto, con un valor promedio de 9.2 mg/l cuyos valores fluctuaron entre 9.15 a 9.23 mg/l, con una salinidad promedio 30.5 UPS que osciló entre 30.4 a 30.5 UPS y un pH promedio de 8.34 propio de aguas marinas. Los niveles de cloro residual fueron mayores en la zona sur del Islote

sobrepasando los niveles máximos permitidos por el TULSMA (0.12mg/l).

La presencia de *Coliformes fecales* siguió un patrón ascendente desde la zona centro de la reserva hacia el sur del borde costero frente a los centros poblados de la Bahía de Ayangue (96 NMP/100ml) y Palmar (115 NMP/100ml), haciéndose más evidente las diferencias con los valores registrados en la zona más alejada de la costa en las cercanías de la zona sur del Islote El Pelado (31 NMP/100ml). El mercurio, aceites y grasas presentaron los mismos valores en los sitios muestreados, encontrándose las concentraciones de aceites y grasas en el límite máximo permitido por la legislación ambiental ecuatoriana para la preservación de la vida acuática en aguas marinas y para fines recreativos según el Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (Tabla 1).

**Tabla 1. Datos de variables ambientales registradas en aguas superficiales de la Reserva Marina El Pelado. Se muestra los valores registrados y los (\*) Criterio de calidad admisible para la preservación de la vida acuática en aguas marinas (Tabla 2) y criterios de calidad de aguas para fines recreativos mediante contacto primario (Tabla 6) según el TULSMA. Libro VI. Anexo 1**

Estación de muestreo	Aceites y Grasas mg/l	Coliformes Fecales NMP/100ml	Cloro residual mg/l	O2 mg/l	Hg mg/l	pH	Salinidad UPS	Material Flotante
Bahía de Ayangue	0.39	96	0.09	9.23	0.0001	8.30	30.5	Ausencia
Frente al Palmar	0.39	115	0.09	9.15	0.0001	8.36	30.4	Ausencia
Frente a Valdivia	0.39	42	0.05	9.19	0.0001	8.34	30.5	Ausencia

Estación de muestreo	Aceites y Grasas mg/l	Coliformes Fecales NMP/100ml	Cloro residual mg/l	O2 mg/l	Hg mg/l	pH	Salinidad UPS	Material Flotante
Islote El Pelado Sur	0.39	31	0.12	9.23	0.0001	8.36	30.5	Ausencia
*Límite máximo permisible TULSMA. Tabla 2	0.3		0.01	>60% saturación	0.0001	6.5-9.5		
*Límite máximo permisible TULSMA. Tabla 6	Ausencia	200		>80% saturación		6.5-8.3		Ausencia

**Fuente:** Reserva Marina El Pelado–Elaborado por: autores

A nivel superficial no se registró la presencia de material flotante. Sin embargo, a nivel submareal se observó abundantes residuos sólidos en los sitios muestreados, especialmente en la zona cercana a Palmar en el sitio denominado

Punta Gruesa, donde se registraron fundas plásticas, redes, carretes de pesca localizados sobre arenales y cubriéndolas las zonas donde habitan octocorales y otros cnidarios Figura 2.

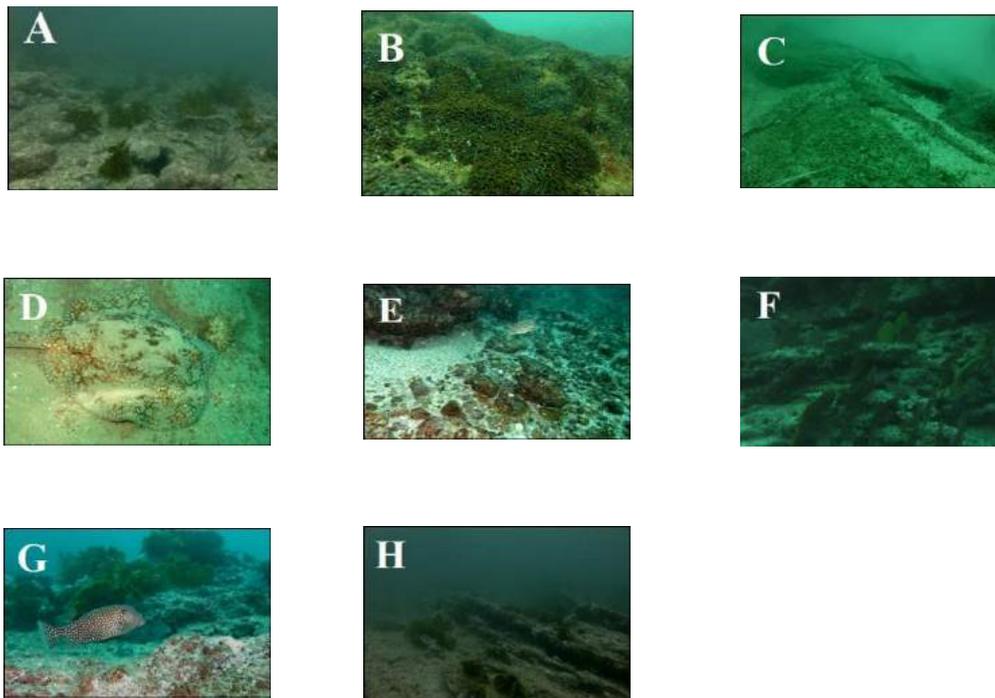


**Figura 2.** (A) Gorgonias cubiertas parcialmente por fundas plásticas y (B) anémona *Pachycerianthus cf. fimbriatus* presentes en el Bajo Punta Gruesa.

**Fuente:** Reserva Marina El Pelado–Elaborado por: autores

Los sitios más costeros como La Pusunga, Bajo Carlos, Portete, Punta Gruesa y Los Pargos estuvieron conformados predominantemente por fondos arenosos, con rocas dispersas de variados tamaños, abundante material particulado en suspensión. Mientras

que los sitios cercanos al Islote como: Zona Protegida, Cabeza del Viejo, El Cuarenta, La Pared, Bajo Ignacio se caracterizaron por la dominancia de fondos rocosos, con variadas formas y estructura como lajas, cuevas, paredes verticales (Figura 3).



**Figura 3.** Aspecto general de las comunidades bentónicas en la Reserva Marina El Pelado. Sitios Costeros: (A) Bajo la Pusunga, (B) Bajo Portete, (C) Punta Gruesa, (D) Los Pargos. Sitios Cercanos al Islote El Pelado: (E) Zona Protegida, (F) La Pared, (G) Cuarenta y (H) Bajo Ignacio.

**Fuente:** Reserva Marina El Pelado—Elaborado por: autores

### Composición del ensamblaje macrobentónico

Se identificaron un total de 92 especies contenidas en seis especies de macroalgas y 86 especies de macroinvertebrados. A nivel de invertebrados se registraron ocho phyla: Cnidaria, Porifera, Bryozoa, Echinodermata, Mollusca, Arthropoda,

Annelida y Chordata y de macroalgas pertenecientes a las phyla Chlorophyta, Rhodophyta, Ochrophyta (Tabla 2). Entre los grupos biológicos más representativos de invertebrados se encontraron los cnidarios (33%), moluscos (16%) y equinodermos (13%), en menor cantidad se registraron a urocordados, artrópodos, briozoos, esponjas, anélidos.

En relación a los macroinvertebrados móviles se registraron 21 especies, de aquellas las más numerosas fueron de equinodermos (11 especies). De ellas, *Echinometra vanbrunti* fue la especie más abundante (21.4%) del total de individuos observados seguida por *Diadema mexicanum* (20%), *Phataria unifascialis* (19.1%) y *Eucidaris thouarsii* (19.2%). Caso contrario, ocurrió con *Conus diadema* que estuvo representado en los transectos por un individuo. La mayor abundancia se observó en la zona más alejada de la costa en los alrededores del Islote El Pelado (70.87%) y la menor cantidad en la zona más costera (29.12%). Entre las especies de interés comercial se registraron *Panulirus gracilis*, *Octopus* sp. e *Isostichopus fuscus*.

Los organismos sésiles estuvieron representados por 63 especies de macroinvertebrados incluidas en siete Phyla (Cnidaria, Porifera, Bryozoa, Mollusca, Artropoda, Annelida y Chordata) y seis especies de macroalgas contenidas en tres Phyla (Chlorophyta, Rhodophyta, Ochrophyta) con las especies *Lithothamnium* sp., *Cladophora* sp., *Padina* sp. y sp. de rodofitas (Tabla 2). La taxa dominante fue cnidaria (31 especies), seguida de urocordados (10 especies). Las especies más abundantes fueron *Bugula californica* (34.12%), *Palythoa* sp., (5.05%) y *Muricea appressa* (4.3%). Entre las especies de corales observadas se encontraron los antifatarios *Antipathes galapagensis* y *Myriophates panamensis*; corales hermatípicos: *Pocillopora damicornis*,

*P. eydouxi* y *P. capitata* y los corales ahermatípicos: *Tubastraea coccinea* y *Oulangia bradleyi*. Las especies menos abundantes fueron la esponja *Aplysilla sulphurea* y el briozoo *Pennaria disticha* con 0.01% cada uno.

El análisis de la escala multidimensional (MDS) de macroinvertebrados móviles mostró que localidades son similares en un 40%, incrementándose la similitud en los bajos La Pared Cabeza del Viejo, Pusunga y Bajo Carlos. Un comportamiento opuesto presentaron los sitios Zona Protegida y Los Pargos (Figura 4, Tabla 2).

Las fluctuaciones espaciales de los indicadores estructurales de la comunidad macrobentónica (Tabla 3). La diversidad, la riqueza y la equidad de invertebrados móviles y organismos sésiles variaron de manera semejante entre las zonas cercanas al Islote El Pelado (EP) y la zona costera (ZC), la diversidad más alta de macroinvertebrados móviles se registró en la Zona Protegida ( $H' = 2.8$  bits ind<sup>-1</sup>,  $S = 11$  y  $J = 0.8$ ) y la menor en el sitio Bajo Los Pargos ( $H' = 1.28$  bits ind<sup>-1</sup>,  $S = 4$  y  $J = 0.64$ ); a nivel de organismos sésiles la diversidad más alta se registró en el bajo Los Pargos ( $H' = 3.15$  bits ind<sup>-1</sup>,  $S = 13$  y  $J = 0.85$ ) y la más baja en la Zona Protegida ( $H' = 0.19$  bits ind<sup>-1</sup>,  $S = 4$  y  $J = 0.09$ ). Entre las zonas de muestreo no se encontraron diferencias significativas para la diversidad de macroinvertebrados móviles ( $t = 0.83$ ;  $p > 0.05$ ), riqueza ( $t = 0.15$ ;  $p > 0.05$ ) ni equidad ( $t = -0.18$ ;  $p > 0.05$ ), tampoco se encontró diferencias para los organismos sésiles ( $t = -0.26$ ;  $p > 0.05$ ),

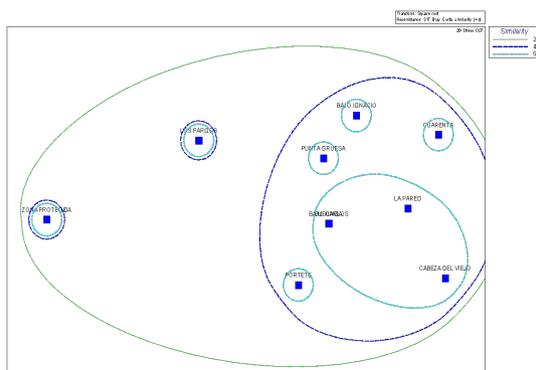
riqueza ( $t=-0.62$ ;  $p>0.05$ ) y equidad ( $t=-0.28$ ;  $p>0.05$ ).

expresados por la Riqueza de especies (S), diversidad de especies ( $H'$ ) expresado en bits  $\text{Ind}^{-1}$  y equidad ( $J'$ ) de los sitios de muestreo.

Tabla 3. Índices ecológicos de la comunidad macrobentónica y peces

SITIOS	ORGANISMOS SÉSILES			MACROINVERTEBRADOS		
	S	$H'$	$J'$	S	$H'$	$J'$
<b>Sitios Zona El Pelado</b>						
Bajo Cuarenta	14	2.10	0.79	11	2.39	0.69
Zona Protegida	4	0.74	0.53	11	2.86	0.82
Cabeza del Viejo	12	1.98	0.80	8	1.90	0.63
Bajo Ignacio	13	1.77	0.69	13	2.15	0.58
La Pared	11	1.76	0.74	7	2.07	0.73
<b>Sitios Zona Costera</b>						
Punta Gruesa	9	1.83	0.83	8	2.24	0.74
La Pusunga	12	1.82	0.73	9	2.37	0.74
Los Pargos	13	2.47	0.96	4	1.28	0.64
Bajo Portete	13	1.81	0.70	9	2.04	0.64
Bajo Carlos	13	1.69	0.66	9	2.35	0.74

Fuente: Reserva Marina El Pelado—Elaborado por: autores



**Figura 4.** Análisis de escalamiento multidimensional no métrico de macroinvertebrados móviles.

Fuente: Reserva Marina El Pelado—Elaborado por: autores

## DISCUSIÓN

La Reserva Marina El Pelado presentó dos zonas similares en cuanto a las variables ambientales como oxígeno, pH, salinidad y a las comunidades de la macrofauna bentónica que lo habitan. La zona más costera presentó fondos predominantemente arenosos, con aguas más turbias y pocas formaciones rocosas continuas, mientras que la zona cercana al Islote se caracterizó por tener una mayor complejidad de hábitats y topografía irregular con zonas rocosas

que están conformadas por agujeros, cuevas, grietas, lajas y paredes verticales. Se observa la influencia de la actividad antrópica, en la zona costera particularmente cercana a los centros poblados, la presencia de *Coliformes fecales* muestra un aumento desde Ayangué hacia Palmar (límite sur de la reserva), mientras que la zona más alejada a la costa cercana al Islote El Pelado registró la menor cantidad. Los niveles de cloro residual fueron mayores en la zona sur del Islote sobrepasando los niveles máximos permitidos por el TULSMA (0.12mg/l). Otros contaminantes como mercurio, aceites y grasas también estuvieron presentes en las aguas superficiales, encontrándose que las concentraciones de aceites y grasas estuvieron en el límite máximo permitido por la legislación ambiental ecuatoriana para la preservación de la vida acuática en aguas marinas y para fines recreativos según el Anexo 1 del TULSMA (Acuerdo Ministerial 097 A, 2015) (Tabla 1).

El número de especies de macroinvertebrados y organismos sésiles superaron el número de registros observados en anteriores estudios (Cárdenas, 2008; Rivera, 2012; Cárdenas & Triviño, 2014); donde se observaron un número máximo de 64 especies de invertebrados. Este incremento de especies podría respondería al incremento de sitios muestreados ya que se usó la misma metodología de muestreo en este estudio.

Los organismos sésiles representativos de la zona fueron los cnidarios

representados principalmente por los octocorales (gorgonias o abanicos de mar) con 16 especies mientras que de los macroinvertebrados móviles los más frecuentes fueron los equinodermos con la especie *Echinometra vanbrunti*, seguida de *Diadema mexicanum*, *Centrostephanus coronatus* y *Eucidaris thourarsii*, estos podrían representar una amenaza para las comunidades coralinas por si sus poblaciones aumentaran por ser agresivos pastoreadores y porque sus poblaciones podrían verse beneficiadas por condiciones ambientales favorables como la influencia de zonas de afloramiento algal, masas de aguas frías ricas en nutrientes lo que fomentaría su dominancia (Sotelo-Casas, Cupul-Magana, Rodríguez-Zaragoza, Solis-Marin, & Rodríguez-Troncoso, 2018).

La presencia del holotúrido *Isostichopus fuscus* que fue registrado en la mayoría de los bajos, indicaría una recuperación de sus poblaciones silvestres en comparación a las registradas en el 2009 en esta reserva (0.01Ind/m<sup>2</sup>) (Aguilar, Revelo, Chicaiza, Mendívez, & Hill, 2009). De los grupos taxonómicos de interés ecológico se encontraron el octocoral invasor *Carijoa riisei* presente en seis sitios de estudio (Tabla 2) siendo más frecuentes sus observaciones en la zona costera, formaciones de arrecifes de poliquetos del género *Idanthyrsus* presente sólo en la zona costera y de fondos arenosos del Bajo Portete.

Los resultados del análisis de diversidad de la comunidad macrobentónica obtenidos en este muestreo determinan que si bien los valores más altos de

diversidad de especies de organismos sésiles se encontraron en la zona costera y de macroinvertebrados en la zona cercana al Islote no existieron diferencias significativas que prueben que un área tenga mayor variedad de especies. Esto dista a lo que se hubiese pensado que la zona cercana al Islote El Pelado presentase una mayor diversidad de especies por tener estructuras rocosas más complejas que permiten el asentamiento del macrobentos. Estudios submareales similares han demostrado que el incremento en la diversidad y abundancia de especies está asociado a la complejidad de los fondos (Ferreira et al., 2015; Galván-Villa, Arreola-Robles, Ríos-Jara, & Rodríguez-Zaragoza, 2010), la rugosidad del sustrato, la variedad de formas de crecimiento de los corales influyen en la riqueza de especies mientras que la altura del sustrato en la abundancia. Por lo que es necesario considerar en futuros estudios no sólo variaciones espaciales sino también temporales, el aumento del área de muestreo y/ o esfuerzo de muestreo para confirmar la relación sustrato vs diversidad.

La sedimentación constituye otro factor limitante al momento de muestrear debido a que limita la visibilidad durante el censo visual. De los cinco sitios muestreados en la costa, cuatro de ellos (Los Pargos, La Pusunga, Bajo Carlos y Bajo Punta Gruesa) mostraron altos niveles de turbidez del agua, partículas de sedimento en suspensión y cubrimientos de fondos. Sin embargo, el Bajo Portete, ubicado al norte de la Reserva, mostró un menor grado de afectación. Su fondo rocoso presentó una cobertura normal

de algas y de organismos sésiles (anémonas, octocorales, balanos y moluscos), intercalado con parches de arena, donde forrajeaban los peces. Es importante considerar que el aumento de la sedimentación y la turbidez en las aguas marinas receptoras, generan impactos negativos en los ecosistemas de arrecifes de coral (Bartley et al., 2014). Además, inhibe el asentamiento de larvas, contribuyendo a la disminución de la biodiversidad (ISRS 2004). La presencia de especies sensibles ante la sedimentación fueron observadas en los alrededores del Islote, dichas especies fueron: *Pocillopora* spp., *Antiphatés galapagensis* y *Myriopathes panamensis*, los cuales no fueron observados en los sitios cercanos al margen costero donde hay mayor influencia antrópica.

## CONCLUSIONES

Nuestros resultados demuestran que la Reserva Marina El Pelado presenta similares ensamblajes bióticos de macroinvertebrados y organismos sésiles en la zona costera y cercana al Islote Pelado. Los grupos dominantes de la macrofauna fueron los cnidarios conformados especialmente por octocorales y corales, así como moluscos y equinodermos. Hay una comunidad diversa de macroinvertebrados en la zona alrededor del islote El Pelado en (Área Protegida y Cuarenta) y de organismos sésiles tanto en la zona costera y del islote (Los Pargos y El Cuarenta). Existen indicios de la recuperación natural de especies de interés comercial como *Isostichopus*

*fuscus* en ambas zonas de estudio, la presencia de estructuras arrecifales de poliquetos y de especies invasoras como *Carijoa riisei* que pueden afectar negativamente a las comunidades coralinas y organismos sésiles.

Se evidencia la influencia de actividades humanas en la Bahía de Ayangue y Palmar al registrar aguas residuales de origen doméstico y de embarcaciones, residuos sólidos y mayor presencia de sedimentos. Por lo que es necesario que la autoridad ambiental que administra el área, desarrolle un programa de monitoreo ambiental para evaluar el estado de la calidad de las aguas, de sedimentos y del estado de la conservación de las comunidades macrobentónicas, especialmente las zonas coralinas. Así como, hacer un seguimiento a los planes de manejo de las empresas que desarrollan proyectos urbanísticos, actividades turísticas y pesqueras para que desarrollen medidas de manejo que conlleven a la prevención de la contaminación y al uso sostenible de los recursos marinos del área.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen el apoyo financiero de la Subsecretaría de Gestión Marino Costera del Ministerio del Ambiente en el marco del desarrollo de estudios de caracterización biológica y ambiental para la elaboración del Plan de Manejo de la Reserva Marina El Pelado. Y la colaboración de Priscila Martínez (Instituto Nazca de Investigaciones Marinas) en la confirmación de especies de octocorales. Agradecemos a los

árbitros anónimos y al editor que revisaron el documento y ofrecieron comentarios que mejoraron la versión final.

## REFERENCIAS

Acuerdo Ministerial 097A.Reforma del Libro VI del texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente: Norma de Calidad Ambiental y De Descarga de Efluentes al Recurso Agua (2015).

Aguilar, F., Revelo, W., Chicaiza, D., Mendívez, W., & Hill, D. (2009). Estado poblacional del pepino de mar *Isostichopus fuscus* (Ludwing, 1875) en las provincias de Santa Elena y sur de Manabí. Guayaquil.Ecuador.

Bartley, R., Bainbridge, Z. T., Lewis, S. E., Kroon, F. J., Wilkinson, S. N., Brodie, J. E., & Silburn, D. M. (2014). Relating sediment impacts on coral reefs to watershed sources, processes and management: A review. *Science of The Total Environment*, 468-469, 1138-1153. doi: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2013.09.030>

Boothroyd, J., Ayón, H., Robadue, D., Vásquez, J., & Noboa, R. (1994). *Características de la línea costera del Ecuador y recomendaciones para su manejo*. Programa de Manejo de Recursos Costeros, (Reporte Técnico 2076). Ecuador.

Borja, A., Muxika, I., & Franco, J. (2003). The application of a Marine Biotic Index to different impact

- sources affecting soft-bottom benthic communities along European coasts. *Marine Pollution Bulletin*, 46(7), 835-845. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S0025-326X\(03\)00090-0](http://dx.doi.org/10.1016/S0025-326X(03)00090-0)
- Brusca, R. (1973). *A handbook to the Common Intertidal Invertebrates*. USA.
- Cárdenas-Calle, M., & Triviño, M. (2014). *Caracterización Bioecológica de Siete Sitios de Buceo Situados Alrededor del Islote El Pelado en Ayangue*. Guayaquil-Ecuador.
- Cárdenas, M. (2008). *Informe del Curso de capacitación de métodos de muestreo submareal de peces e invertebrados para estudios de biodiversidad*. Guayaquil.
- Caso, M. E. (1961). *Estado Actual de los conocimientos acerca de los equinodermos de México*. (Doctor en Biología), Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- Clarke, k. R., & Warwick, R. M. (1994). *Change in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation*. Plymouth, United Kingdom.: Natural Environment Research Council.
- Clarke, K. R., & Warwick, R. M. (2001). *Change in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation*. Plymouth.
- Edgard, G. J., Banks, S., Bessudo, S., Guzman, H. M., Henderson, S., Martinez, P., . . . Zapata, F. (2011). Variation in reef fish and invertebrates communities with level of protection from fishing across the Eastern Tropical Pacific seas cape. *Global Ecology & Biogeography*, 20(5), 730-743.
- Fernández, J., Jiménez, M., & Thays, A. (2014). Diversity, abundance and distribution of benthic macrofauna on rocky shores from North Sucre State, Venezuela. *Revista de Biología Tropical*, 62(3947-956).
- Ferrari, R., Marzinelli, E. M., Ayroza, C. R., Jordan, A., Figueira, W. F., Byrne, M., . . . Steinberg, P. D. (2018). Large-scale assessment of benthic communities across multiple marine protected areas using an autonomous underwater vehicle. *PLOS ONE*, 13(3), e0193711. doi: 10.1371/journal.pone.0193711
- Ferreira, C. M., Coni, E. O. C., Medeiros, D. V., Sampaio, C. L. S., Reis-Filho, J. A., Barros, F., . . . Nunes, J. d. A. C. d. C. (2015). Community structure of shallow rocky shore fish in a tropical bay of the southwestern Atlantic. *Brazilian Journal of Oceanography*, 63, 379-396.
- Galván-Villa, C. M., Arreola-Robles, J. L., Ríos-Jara, E., & Rodríguez-Zaragoza, F. A. (2010). Ensamblajes de peces arrecifales y su relación con el hábitat bentónico de la Isla Isabel, Nayarit, México. *Revista de biología marina y oceanografía*, 45, 311-324.
- Hickman, C. (1998). Guía de campo sobre estrellas de mar y otros equinodermos de Galápagos.

- Lexington, Virginia, USA.: Sugar Spring Press.
- Hickman, C., & Todd, Z. (2000). Guía de campo de los Crustáceos de Galápagos *Serie Vida Marina de Galápagos*. Lexington, Virginia, EE.UU.: Sugar spring press.
- Keen, M. (1971). *Sea Shells of Tropical West America*. (2nd. Edition ed.). California: Stanford University.
- Ministerio del Ambiente. (2014). *Plan de Manejo de la Reserva Marina El Pelado*. Quito-Ecuador.
- Morris, P. A. (1966). *A Field Guide to Pacific Coast Shells: Including shells of Hawaii and the Gulf of California. Sponsored by the National Audubon Society and National Wildlife Federation (Second Edition)*.
- Nasi, F., Nordström, M. C., Bonsdorff, E., Auriemma, R., Cibic, T., & Del Negro, P. (2018). Functional biodiversity of marine soft-sediment polychaetes from two Mediterranean coastal areas in relation to environmental stress. *Marine Environmental Research*, 137, 121-132. doi: <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2018.03.002>
- Rivera, F. (2012). *Levantamiento de la línea base biológica en el perfil costero del Ecuador Continental*. Proyecto desarrollado para la Subsecretaría de Gestión Marino Costera. Guayaquil.
- Sotelo-Casas, R. C., Cupul-Magana, A. L., Rodriguez-Zaragoza, F. A., Solis-Marin, F. A., & Rodriguez-Troncoso, A. P. (2018). Structural and environmental effects on an assemblage of echinoderms associated with a coral community. *Marine Biodiversity*, 48(3), 1401-1411. doi: 10.1007/s12526-016-0622-y