



UNIVERSIDAD DE ESPECIALIDADES ESPÍRITU SANTO

FACULTAD DE ARTES LIBERALES

**TÍTULO: VARIABLES FÍSICAS, QUÍMICAS Y MICROBIOLÓGICAS
EN RELACIÓN A LA PRESENCIA DE
MACROINVERTEBRADOS EN ZONAS ROCOSOS DE SANTA
ELENA, ECUADOR**

**TRABAJO DE TITULACIÓN QUE SE PRESENTA COMO REQUISITO
PREVIO A OPTAR EL GRADO DE INGENIERO EN GESTIÓN
AMBIENTAL**

NOMBRE DEL ESTUDIANTE:

VICKY VALENCIA HIDALGO

NOMBRE DEL TUTOR:

MSC. MARITZA CÁRDENAS CALLE

SAMBORONDÓN, MAYO 2016

VARIABLES FÍSICAS, QUÍMICAS Y MICROBIOLÓGICAS EN RELACIÓN A LA PRESENCIA DE MACROINVERTEBRADOS EN LITORALES ROCOSOS DE SANTA ELENA, ECUADOR

Variables físicas, químicas y microbiológicas en relación a la presencia de macroinvertebrados en zonas rocosas de Santa Elena, Ecuador

Resumen

La presión que ejerce el hombre sobre los ecosistemas marino costeros que albergan organismos importantes como los macroinvertebrados, ha ocasionado la pérdida de bienes y servicios ambientales, lo que provocó un interés mundial por conocer más estos ecosistemas y sus condiciones ambientales. Este estudio tuvo como objetivo determinar las variables físicas, químicas y biológicas y su posible relación con la presencia de macroinvertebrados móviles en la zona intermareal de área protegida (La Lobería y La Chocolatera) y una no protegida (Ballenita) en la provincia de Santa Elena. Durante bajamar en el mes de Diciembre 2015, se tomaron muestras de sedimento para analizar Pb, Hg, Cd e Hidrocarburos totales y de agua para pH, Temperatura, salinidad, Oxígeno disuelto y coliformes totales. Además, se monitorearon los tres estratos de la zona intermareal determinándose la abundancia, diversidad y distribución de especies en los sitios. De los resultados obtenidos todos sitios evidencian valores similares de metales pesados; Ballenita, por otra parte presentó los niveles más altos de TPH y coliformes totales, que provocan disminución de diversidad en el sitio. En La Lobería se reportó la abundancia, riqueza y uniformidad más alta, directamente relacionada con el bajo nivel de contaminación presente.

Palabras claves: macroinvertebrados, litorales rocosos, diversidad, Península de Santa Elena, Ballenita.

VARIABLES FÍSICAS, QUÍMICAS Y MICROBIOLÓGICAS EN RELACIÓN A LA PRESENCIA DE MACROINVERTEBRADOS EN LITORALES ROCOSOS DE SANTA ELENA, ECUADOR

Abstract

Human intervention on coastal marine ecosystems that are home to important organisms such as macroinvertebrates has caused the loss of environmental goods and services, prompting a worldwide interest in learning more of these ecosystems and their environmental conditions. This study aimed to determine the physical, chemical and biological variables and their possible relationship to the presence of mobile macroinvertebrates in the intertidal zone of protected area (La Lobería and La Chicolatera) and unprotected (Ballenita) in the province of Santa Elena. During low tide in the month of December 2015, sediment samples were taken to analyze Pb, Hg, Cd and TPH and water samples pH, temperature, salinity, dissolved oxygen and total coliforms. In addition, the three layers of the intertidal zone determined the abundance, diversity and distribution of species on the sites were monitored. The results obtained show similar values of heavy metals in all the sites; Ballenita, on the other hand had the highest levels of TPH and total coliforms, causing decreased diversity on the site. At Lobería abundance, wealth and higher uniformity was reported directly related to the low level of contamination present.

Key words: macroinvertebrates, rocky shores, diversity, Península de Santa Elena, Ballenita.

VARIABLES FÍSICAS, QUÍMICAS Y MICROBIOLÓGICAS EN RELACIÓN A LA PRESENCIA DE MACROINVERTEBRADOS EN LITORALES ROCOSOS DE SANTA ELENA, ECUADOR

Introducción

Los litorales rocosos son ecosistemas que poseen una gran significancia ecológica debido a la diversidad de especies que viven en la zona intermareal (INVEMAR, 2005). El carácter de los litorales depende del tipo de roca predominante y su perfil normalmente está relacionado con la formación de estratos. Este ecosistema es físicamente complejo, con cambios de pendiente y la presencia de una gama de hábitats (Cruz-Motta, 2007).

Los litorales rocosos son objeto de una creciente afectación por parte de impactos antropogénicos procedentes de actividades realizadas en la tierra y en el mar (Ferreira & Rosso, 2009). Este ecosistema ha sido afectado por la contaminación (derrames de petróleo, eutrofización), la explotación de recursos marino costeros, la introducción de especies exóticas, la modificación de las zonas costeras y el cambio climático (Thompson, Crowe, & Hawkins, 2002); dichos factores generan pérdida de la diversidad biológica y de los bienes y servicios que brinda este ecosistema al hombre; en virtud de ello es importante su conservación porque es fuente de alimento de poblaciones costeras, protege a la costa de la erosión provocada por las olas y las tormentas y provee un espacio de aprendizaje óptimo de las condiciones océano atmosféricas (Mieszkowska, Firth, & Bentley, 2013) (Barbier, 2012)

Como parte fundamental de la biota de esta zona se encuentran los macroinvertebrados bentónicos, organismos que debido a su corto ciclo de vida, responden rápido a las perturbaciones y gracias a su abundancia, amplia distribución y fácil identificación taxonómica, permiten determinar el impacto de

VARIABLES FÍSICAS, QUÍMICAS Y MICROBIOLÓGICAS EN RELACIÓN A LA PRESENCIA DE MACROINVERTEBRADOS EN LITORALES ROCOSOS DE SANTA ELENA, ECUADOR

los contaminantes sobre los organismos vivos y su interacción en el ambiente (Gorza, 2009) (Fernández, Jiménez, & Allen, 2014). Así también, la Directiva Marco del Agua (DMA) de la Unión Europea considera a los macroinvertebrados fundamentales para determinar la calidad de un ecosistema acuático, basado en la estructura comunitaria de estos organismos (Wallenstein et al., 2013).

El uso de macroinvertebrados como bioindicadores se ha extendido a nivel mundial y debido a su importancia en los litorales rocosos ha generado el desarrollo de varios estudios alrededor de las zonas costeras de todo el mundo. A nivel de Latinoamérica, los países que principalmente han realizado este tipo de estudios son México, Chile, Colombia y Venezuela (Fernández et al., 2014).

En el Ecuador los macroinvertebrados son utilizados como indicadores biológicos de ecosistemas, pero son pocos los estudios relacionados con la zona intermareal. Por lo general las investigaciones de estos organismos a nivel nacional se enfocan en la identificación y distribución de las especies (Villamar & Cruz, 2007), más no al uso de la macrofauna como bioindicadores de la calidad del ecosistema. Por tanto, es primordial ampliar el conocimiento de las comunidades bentónicas en el país para obtener datos precisos de una forma rápida y eficiente de las condiciones actuales de los litorales rocosos y otros ecosistemas.

Este estudio tiene como objetivo determinar las variables físicas, químicas y microbiológicas en agua y sedimento, en relación con la presencia de macroinvertebrados (móviles) en litorales rocosos de la Península de Santa Elena.

VARIABLES FÍSICAS, QUÍMICAS Y MICROBIOLÓGICAS EN RELACIÓN A LA PRESENCIA DE MACROINVERTEBRADOS EN LITORALES ROCOSOS DE SANTA ELENA, ECUADOR

Fundamentación teórica

Los litorales rocosos se desarrollan en la zona de mareas, específicamente en el intervalo entre la tierra y el mar, caracterizándose por tener gran abundancia y diversidad de organismos (Subsecretaría de Pesca Chile, 2010) (Landschoff, Lackschewitz, Keszy, & Reise, 2013). El litoral rocoso no es un ecosistema homogéneo e incide en él varios factores físico-químicos, biológicos (competencia, depredación y reclutamiento) y la interacción de las mareas (Meager, Schlacher, & Green, 2011). Los cambios espaciales y temporales con respecto a estos factores definirán la distribución, características y comportamiento de las poblaciones presentes (Denley & Underwood, 1979).

Las características particulares que conforman los litorales rocosos obligan a que las comunidades de organismos aquí presentes se hayan adaptado para mantenerse en la superficie, soportando el fuerte impacto de las olas, los largos períodos de desecación y cambios radicales de temperatura y salinidad (Little, Williams, & Trowbridge, 2009). Este es el caso de la macrofauna bentónica, que gracias a sus peculiaridades puede desarrollarse en este ecosistema, y ser utilizados como piezas importantes para la evaluación de las condiciones ambientales del mismo (Cárdenas et al., 2015).

Macroinvertebrados marinos como bioindicadores de la calidad ambiental

El desarrollo de ciertos criterios biológicos que permiten estimar el efecto de las intervenciones antrópicas en los últimos años, está directamente relacionado al interés mundial por conocer los ecosistemas acuáticos y protegerlos de sus cambios en el tiempo. (Gamboa, Reyes, & Arrivillaga, 2008). Es así que se ha

VARIABLES FÍSICAS, QUÍMICAS Y MICROBIOLÓGICAS EN RELACIÓN A LA PRESENCIA DE MACROINVERTEBRADOS EN LITORALES ROCOSOS DE SANTA ELENA, ECUADOR

popularizado el uso de indicadores biológicos de la contaminación, que permiten conocer el nivel de deterioro ambiental mediante información recopilada en el agua, atmósfera o suelo (González, Mateo, & Valdivia, 2014). De acuerdo a varios autores (Montoya, Acosta, & Zuluaga, 2011) (Endara, 2012) (Pérez-Pompa, Marañón-Reyes, González-Marañón, Rodríguez-Mendoza, & Naranjo-López, 2013) de los grupos faunísticos de organismos acuáticos existentes, aquellos usados con mayor frecuencia para el monitoreo, son los macroinvertebrados de la comunidad bentónica, por las ventajas que presentan, entre las más significativas están:

- Ciclos de relativamente cortos que en comparación con organismos mayores, reflejan más rápido las alteraciones en el ambiente mediante de acuerdo a los cambios en la estructura de su población;
- Muchas especies son de carácter sedentario facilitan la evaluación de los efectos negativos a largo plazo en la comunidad;
- Son abundantes, de amplia distribución y de fácilmente recolectables debido a que son detectables a simple vista;
- Se desarrollan y se alimentan en zonas de sedimentos donde tienden a acumularse las toxinas, que se incorporan fácilmente en la cadena trófica mediante la bioacumulación en ellos;
- Son organismos sensibles a factores de perturbación y responden contaminantes tanto en el sedimento como en el agua;
- La disponibilidad de métodos e índices para el análisis de datos, entre otros.

VARIABLES FÍSICAS, QUÍMICAS Y MICROBIOLÓGICAS EN RELACIÓN A LA PRESENCIA DE MACROINVERTEBRADOS EN LITORALES ROCOSOS DE SANTA ELENA, ECUADOR

Los métodos para determinar la calidad de las aguas mediante el uso de macroinvertebrados se vienen usando en Europa desde inicios del siglo XX, pero están enfocados por lo general a ecosistemas dulceacuícolas como el Sistema Saprobiótico Continental, que estableció bases para la creación o mejora de ciertos índices, Biological Monitoring Working Party (BMWP), The River Invertebrate Prediction and Classification System (RIVPACS), entre otros (Figuerola, Valdovinos, & Araya, 2012).

A nivel de América y el Caribe el uso de bioindicadores para determinar las condiciones de ecosistemas acuáticos ha sido bastante extendido, sin embargo trabajos sobre las especies bentónicas costeras como bioindicadores son escasas, para ejemplificar un poco se encuentra: en Perú (Cabello & Sánchez, 2006); el uso de moluscos como indicadores biológicos en Colombia (Polanía, 2010); en México trabajos como el de (Segovia-Zavala, Delgadillo-Hinojosa, Vidal-Talamantes, Muñoz-Barbosa, & Gutiérrez-Galindo, 2013); y en Costa Rica (Sibaja-Cordero & García-Méndez, 2014).

Igual a lo que sucede en otros países a nivel nacional se encuentra un mayor número de estudios de macroinvertebrados como bioindicadores a nivel de cuerpos de agua dulce, sin embargo hay estudios interesantes sobre distribución e identificación de especies macrobentónicas en el Ecuador, que servirían de línea base para posteriores trabajos sobre su relación con contaminantes. Las investigaciones más recientes realizadas son la de Villamar y Cruz (2007) sobre poliquetos y moluscos bentónicos submareales e intermareales en la zona de Monteverde y macrofauna bentónica en Isla Baltra. Cruz (2009) publica un

VARIABLES FÍSICAS, QUÍMICAS Y MICROBIOLÓGICAS EN RELACIÓN A LA PRESENCIA DE MACROINVERTEBRADOS EN LITORALES ROCOSOS DE SANTA ELENA, ECUADOR

estudio realizado entre los años 2006-2007 sobre los moluscos bentónicos de la zona intermareal de la misma Bahía de Santa Elena y Mite y Gonzabay (2009) elaboraron un Catálogo de Invertebrados marinos en la zona intermareal rocosa al norte de la playa de Ballenita. El estudio del impacto que genera el oleaje sobre las comunidades macrobentónicas (Brito, 2014), el de Villota (2014) que habla sobre la biodiversidad y abundancia de la macroinvertebrados bentónicos en la zona intermareal de la Reserva de Producción Faunística Marino Costera Puntilla de Santa Elena y finalmente los inventarios submareales e intermareales de biodiversidad en áreas marino costeras protegidas y en zonas de posible expansión en la costa (Cárdenas et al., 2015).

Variables de Calidad Ambiental

Las variables ambientales son indicadores utilizados para dar seguimiento y realizar monitoreos, determinando la calidad de diferentes recursos como el agua, el suelo y el sedimento. (Rendón, Agudelo, Hernández, Gallo, & Arias, 2010). Para determinar la calidad de un ecosistema marino - costero se puede desarrollar un monitoreo de parámetros físicos, químicos y microbiológicos en el agua marina y en el sedimento (Gil, 2014).

Por lo general aquellos parámetros físicos y químicos que como mínimo se monitorean para determinar las condiciones favorables o desfavorables de un cuerpo de agua son pH, salinidad, temperatura, oxígeno disuelto, coliformes totales, coliformes fecales y en ciertos casos DBO y DQO (TULSMA, 2015).

La presencia de metales pesados es bastante peligrosa por su toxicidad, persistencia y bioacumulación. A determinadas concentraciones, en el

VARIABLES FÍSICAS, QUÍMICAS Y MICROBIOLÓGICAS EN RELACIÓN A LA PRESENCIA DE MACROINVERTEBRADOS EN LITORALES ROCOSOS DE SANTA ELENA, ECUADOR

sedimento, generaría la muerte de especies establecidas en el sustrato. Por tanto, es importante el monitoreo de estos junto con los Hidrocarburos totales. A nivel nacional no se cuenta con una norma para determinar los valores permisibles de contaminantes en el sedimento pero Canadian Sediment Quality Guidelines for the Protection of Aquatic life establece valores máximos permisibles de metales pesados en sedimento marino.(Canadian Council of Ministers of the Environment, 1995).

Metodología

Se realizó una investigación correlacional, puntual con un enfoque cuantitativo y paradigma positivista.

El estudio se realizó en tres localidades: dos en el área protegida Reserva de Producción Faunística Marino Costera Puntilla de Santa Elena (REMACOPSE) y otra en un área no protegida en el balneario de Ballenita, entre el 18 y 19 de diciembre de 2015 (estación de transición entre época seca y lluviosa) durante bajamar. La comunidad de estudio fueron los macroinvertebrados móviles mayores a 1 mm presentes en la zona intermareal (infra, meso y supralitoral). Se aplicó el diseño de muestreo anidado que incluyó tres escalas espaciales de evaluación (localidad, sitio y réplica) (Figura 1).

VARIABLES FÍSICAS, QUÍMICAS Y MICROBIOLÓGICAS EN RELACIÓN A LA PRESENCIA DE MACROINVEBRADOS EN LITORALES ROCOSOS DE SANTA ELENA, ECUADOR

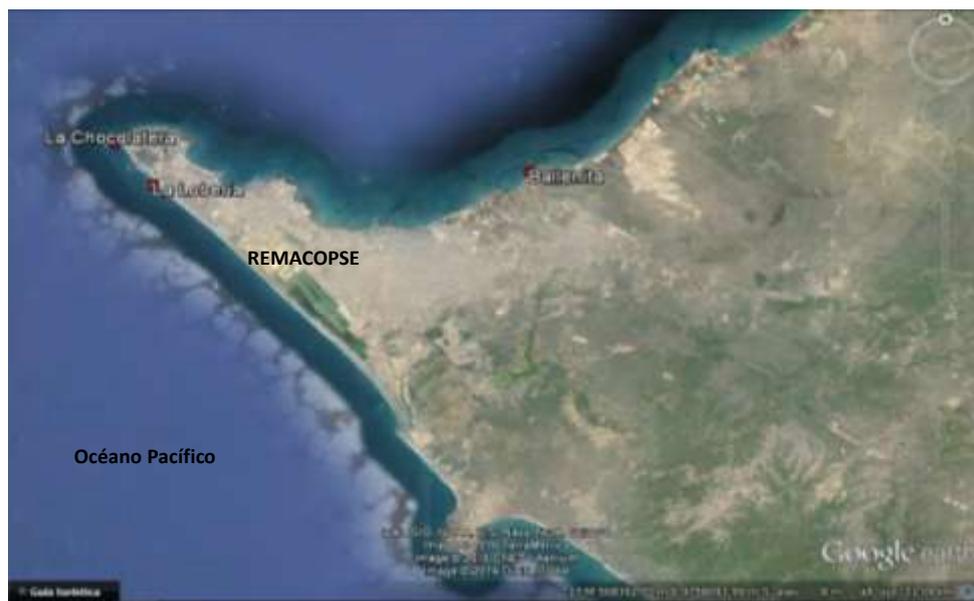


Figura 1. Ubicación de los sitios de monitoreo en la Península de Santa Elena. Fuente: Google Earth, 2016

Se evaluaron parámetros físicos, químicos y microbiológicos; temperatura, salinidad, oxígeno disuelto, pH en agua y presencia de coliformes totales para determinar contaminación orgánica, para lo cual se tomó una muestra compuesta del agua a nivel de la superficie y se la almacenó en frascos plásticos y fueron mantenidos a bajas temperaturas hasta su análisis en el laboratorio. En sedimento se muestrearon metales pesados Plomo, Mercurio y Cadmio (Pb, Hg, Cd) e Hidrocarburos totales.

Los datos de temperatura y salinidad fueron analizados en campo mediante el uso de termómetro y refractómetro respectivamente. El resto de variables físicas, químicas y biológicas se analizaron en el laboratorio acreditado Centro de Servicios Técnicos y Transferencia Tecnológica Ambiental (CESTTA) de la Escuela Superior Politécnica del Chimborazo.

Se realizó un análisis de varianza no paramétrica usando la prueba de Kruskal Wallis con un nivel de confianza del 95% usando el paquete estadístico

VARIABLES FÍSICAS, QUÍMICAS Y MICROBIOLÓGICAS EN RELACIÓN A LA PRESENCIA DE MACROINVERTEBRADOS EN LITORALES ROCOSOS DE SANTA ELENA, ECUADOR

Statgraphics Plus para determinar diferencias entre las medias de las variables ambientales.

Para analizar la similaridad de los sitios considerando las variables ambientales se usó el software InfoStat versión libre y se realizó un análisis de conglomerado, usando la distancia Euclídea.

La composición, abundancia, diversidad y distribución de macroinvertebrados móviles se estimó mediante el uso de cuadrantes y transectos, siguiendo el protocolo desarrollado y validado por el grupo de expertos en estudios de biodiversidad marina American Research Group on Coastal Ecosystems (SARCE) para el muestreo de litorales rocosos (SARCE, 2012).

En cada estación se estudiaron tres estratos de la zona intermareal (supralitoral, mesolitoral e infralitoral), donde se determinaron los grupos biológicos dominantes. En cada estrato se usó un transecto de 50 m de longitud paralelo a la línea de la costa, en el cual se colocaron cuadrantes (50 x 50 cm) escogidos de forma sistemática y aleatoria cada 5 m, muestreándose un total de 10 cuadrantes por cada transecto según (NaGISA, 2006; SARCE, 2012).

En el laboratorio se separaron las muestras y se usaron estereomicroscopios y microscopios para la observación de estructuras morfológicas de los organismos colectados. La identificación taxonómica se realizó mediante el uso de claves taxonómicas y bibliografía especializada para cada grupo biológico como crustáceos (Garth, 1948; Hickman & Todd, 2000; Holthuis, 1951); para moluscos (Behrens & Hermosillo, 2005; Coan & Valentich-Scott, 2012; Giraldo et al., 2014; Keen, 1971; Londoño-Cruz et al., 2013; Morris,

VARIABLES FÍSICAS, QUÍMICAS Y MICROBIOLÓGICAS EN RELACIÓN A LA PRESENCIA DE MACROINVERTEBRADOS EN LITORALES ROCOSOS DE SANTA ELENA, ECUADOR

1966; Olsson, 1961); equinodermos (Aviles, 1984; Caso, 1961; Hendler, Míller, Pawson, & Kíer, 1995; Hickman, 1998). Además, se consultó la base de datos en línea para invertebrados World Register of Marine Species.

El análisis de diversidad y distribución se realizó mediante el uso del paquete estadístico Primer (Plymouth Routines in Multivariate Ecological Research) (Clark & Warwick, 2001), versión 6, el mismo que emplea métodos no paramétricos para el análisis de datos multivariados de ecología de comunidades. Los datos de abundancia de cada taxón determinado por cada cuadrante y para cada sitio de estudio fueron usados para construir una matriz para los análisis estadísticos, a partir de estas matrices de abundancia se realizó un análisis de agrupamiento o de conglomerados. Para el análisis de este resultado se tomaron como grupos separados aquellos que presentaron un 50% de similitud. Para visualizar la similitud de las comunidades biológicas estudiadas, se ordenaron las muestras mediante el Escalamiento Multidimensional no Métrico (n-MDS). Para ambos análisis se generó una matriz de similitud utilizando el índice de Bray-Curtis sobre los datos transformados a raíz cuarta para quitar el peso de las especies dominantes (Clark & Warwick, 1994).

Para medir la biodiversidad y describir los ensamblajes de organismos muestreados, se calcularon los índices de Shannon-Wiener (H'), índice de dominancia o de Simpson (D') basado en el cálculo de 1-Lambda, equidad de Pielou (J') mediante el uso del menú DIVERSE del PRIMER (Clark & Warwick, 2001).

VARIABLES FÍSICAS, QUÍMICAS Y MICROBIOLÓGICAS EN RELACIÓN A LA PRESENCIA DE MACROINVERTEBRADOS EN LITORALES ROCOSOS DE SANTA ELENA, ECUADOR

Resultados

Para todos los sitios dentro de la investigación el agua registró una salinidad de 35 UPS, mientras que la temperatura superficial estuvo entre 31 y 33°C.

Del análisis de metales pesados en las muestras de sedimento recolectadas en los sitios de monitoreo se registró que La Lobería presentaba la mayor concentración de Mercurio de 0.093 mg/kg, mientras que Ballenita y La Chocollatera presentaban una concentración similar de 0.024 mg/kg. Sin ser estas unidades diferentes significativamente ($p < 0.05$). Las concentraciones de Cadmio (0.7 mg/kg) y de Plomo (19 mg/kg) fueron similares para los tres sitios. En cuanto a la concentración de Hidrocarburos resultó ser el sitio Ballenita como el de mayor afectación con un valor de 76,62 mg/kg, no diferente significativamente a los sitios La Lobería y La Chocollatera con una misma concentración de 69 mg/kg.

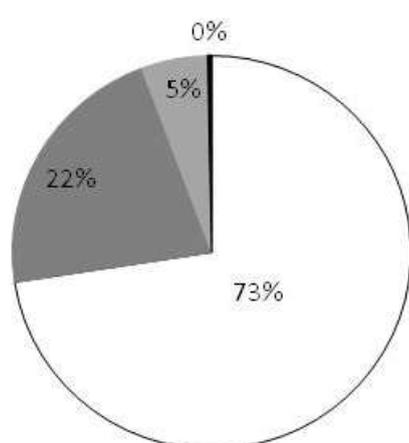
Las variables físicas, químicas y biológicas medidas en el agua indicaron que el promedio del Oxígeno Disuelto de los sitios monitoreados fue de 7.93 mg/l. La concentración más alta fue en Ballenita 8.31 mg/l, y la más baja en La Chocollatera 7.38 mg/l. En lo que respecta a los niveles de pH todos son alcalinos con 9.53 unidades promedio. El indicador microbiológico de coliformes totales indicó un mayor valor en Ballenita (12.00 UFC/100ml), mientras que en La Lobería y en La Chocollatera las concentraciones fueron de 0.99 y 4.00 UFC/100ml, respectivamente.

Los sitios más similares entre sí considerando las variables ambientales son La Lobería y La Chocollatera, mientras que Ballenita es un sitio

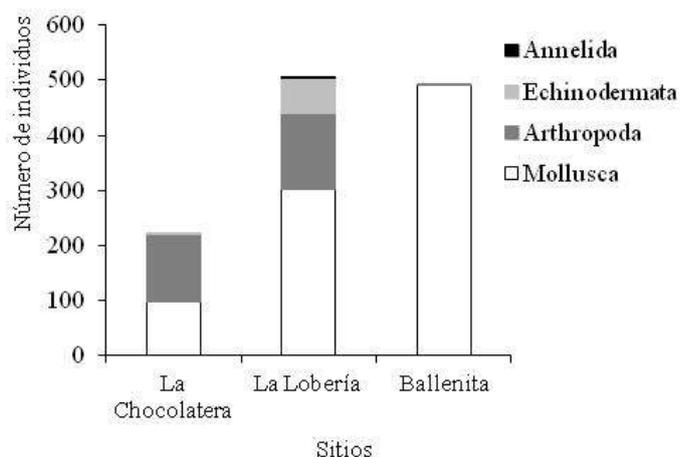
VARIABLES FÍSICAS, QUÍMICAS Y MICROBIOLÓGICAS EN RELACIÓN A LA PRESENCIA DE MACROINVERTEBRADOS EN LITORALES ROCOSOS DE SANTA ELENA, ECUADOR

completamente distinto a los antes mencionados. Esta diferencia se debe a la incidencia de Hidrocarburos y Coliformes totales.

Se registraron un total de 1,222 macroinvertebrados móviles pertenecientes a cuatro Phyla siendo estas Mollusca, Arthropoda, Echinodermata y Annelida. Los moluscos fueron los organismos más abundantes, seguido de los artrópodos, equinodermos y en menor cantidad se registraron los anélidos con menos del 1% (Figura 2 A). En los tres sitios de colecta hubo presencia de moluscos y artrópodos, los equinodermos solo fueron colectados en La Lobería y La Chokolatera, y el único sitio donde se encontraron los cuatro grupos de macroinvertebrados (moluscos, artrópodos, equinodermos y anélidos) fue en La Lobería (área protegida), ver Figura 2 B. En cuanto a cantidades absolutas de individuos colectados por sitios, en La Chokolatera se presentaron 223, mientras que en La Lobería y Ballenita 507 y 492, respectivamente.



A)



B)

Figura 2. Cantidad porcentual (A), y la composición por grupos (B) de macroinvertebrados colectados en La Chokolatera, La Lobería y Ballenita durante

**VARIABLES FÍSICAS, QUÍMICAS Y MICROBIOLÓGICAS EN
RELACIÓN A LA PRESENCIA DE MACROINVERTEBRADOS EN
LITORALES ROCOSOS DE SANTA ELENA, ECUADOR**

diciembre de 2015

Para los tres sitios, dentro la investigación, el número total de especies registradas fue de 34, ver Tabla #1. El grupo más representativo fue Mollusca con las clases Gasteropoda y Polyplacophora.

Tabla #1. Listado de presencia de macroinvertebrados móviles registrados en los sitios de estudio durante diciembre de 2015

Phylum	Taxa	La Chocolatera	La Lobería	Ballenit a	
	<i>Anachis sp.</i>	X	x	X	
	<i>Anachis spp.</i>			X	
	<i>Parvanachis nigricans</i> (G. B. Sowerby I, 1844)	X			
	<i>Anachis cf pygmaea</i>	X			
	<i>Anachis rugulosa</i> (G. B. Sowerby I, 1844)	X			
	Gasterópodo ND	X	x		
	<i>Cerithium sp.</i>	X	x		
	<i>Cerithium spp.</i>				
	<i>Cerithium cf menkei</i>	X		X	
	<i>Cerithium gemmatum</i> (Hinds, 1844)		x		
	<i>Cerithium gallapaginis</i> (G. B. Sowerby II, 1855)	X	x		
	<i>Vasula melones</i> (Duclos, 1832)	X	x		
	<i>Nerita funiculata</i> (Menke, 1851)			X	
Mollusca	<i>Echinolittorina aspera</i> (Philippi, 1846)		x		
	<i>Echinolittorina modesta</i> (Philippi, 1846)		x		
	<i>Echinolittorina porcata</i> (Philippi, 1846)		x		
	<i>Echinolittorina cf albicarinata</i>		x		
	<i>Echinolittorina paytensis</i> (Philippi, 1847)		x	X	
	<i>Echinolittorina cf. payensis</i>			X	
	<i>Echinolittorina sp.</i>		x	X	
	<i>Echinolittorina spp.</i>			X	
	Muricidae			x	
	<i>Neorapana cf tuberculata</i>			x	
	<i>Carditamera affinis</i> (G. B. Sowerby I, 1833)			x	
	<i>Siphonaria gigas</i> (G. B. Sowerby I, 1825)			x	
	<i>Siphonaria maura</i> (G. B. Sowerby I, 1835)			x	X
	<i>Siphonaria palmata</i> (Carpenter, 1857)			x	
	Poliplacóforos			x	
	<i>Fissurella longifissa</i> (G. B. Sowerby II, 1862)			x	

**VARIABLES FÍSICAS, QUÍMICAS Y MICROBIOLÓGICAS EN
RELACIÓN A LA PRESENCIA DE MACROINVEBRADOS EN
LITORALES ROCOSOS DE SANTA ELENA, ECUADOR**

Phylum	Taxa	La Chocolatera	La Lobería	Ballenit a
	<i>Fissurella cf. virescens</i>			X
	<i>Fissurella macrotrema</i> (G. B. Sowerby I, 1835)		x	
	<i>Lottia cf. mesoleuca</i>			X
	<i>Plicopurpura pansa</i> (Gould, 1853)		x	
	<i>Clibanarius albidigitus</i> (Nobili, 1901)	X	x	X
Arthropoda	Anfípodo	X	x	
	Crustaceos		x	
	Ermitaño			X
	Isopoda		x	
	<i>Echinollitorina spp</i>	X	x	
Echinodermata	<i>Echinometra vanbrunti</i> (A. Agassiz, 1863)	X	x	
	<i>Ophiocoma aethiops</i> (Lütken, 1859)	X	x	
Annelida	Poliquetos		x	
	Nereididae (Blainville, 1818)		x	

El análisis de diversidad biológica para los diferentes sitios dentro de la investigación indicó que La Lobería es la zona más biodiversa, con mayores índices de riqueza y uniformidad de especies, mientras que La Chocolatera y Ballenita fueron el contraste (Tabla #2).

Tabla #2. Índices de diversidad de invertebrados móviles registrados en los sitios de estudio durante diciembre de 2015

Estaciones	Riqueza de especies (d)	Índice de Shannon – Wiener (H')	Estabilidad (J')
La Chocolatera	2.221	1.813	0.49
La Lobería	5.138	3.725	0.7384
Ballenita	1.775	1.975	0.551

Los dos primeros componentes explican con un 83% la variabilidad total de las observaciones de las variables ambientales y biológicas analizadas durante diciembre del 2015 (época de transición entre época seca y lluviosa).

Observándose en el eje de las x (PC₁) las variables físicas-químicas que tienen

VARIABLES FÍSICAS, QUÍMICAS Y MICROBIOLÓGICAS EN RELACIÓN A LA PRESENCIA DE MACROINVERTEBRADOS EN LITORALES ROCOSOS DE SANTA ELENA, ECUADOR

mayor incidencia en las estaciones son diversidad, riqueza, uniformidad, pH de agua y oxígeno disuelto mientras que en el eje de las y (PC_2) fueron TPH y Coliformes totales (Figura 3). Ballenita es un sitio que se diferencia de los otros por los niveles de hidrocarburos, mientras que los sitios presentes en La Chocolatera y La Lobería se caracteriza por los niveles de oxígeno disuelto y pH del agua.

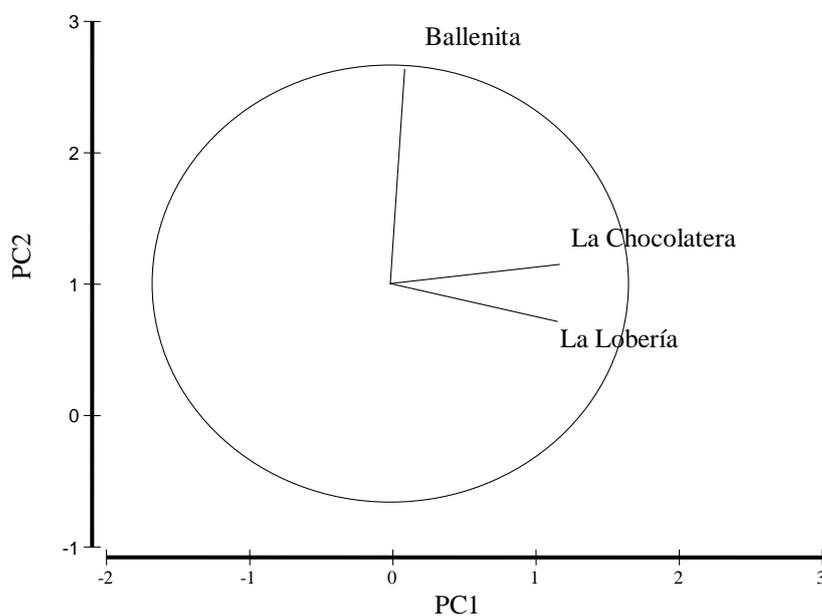


Figura 12. Análisis de componentes principales entre las variables ambientales y biológicas de las zonas de estudio durante diciembre de 2015

VARIABLES FÍSICAS, QUÍMICAS Y MICROBIOLÓGICAS EN RELACIÓN A LA PRESENCIA DE MACROINVERTEBRADOS EN LITORALES ROCOSOS DE SANTA ELENA, ECUADOR

Discusión

Existen diferencias entre el área protegida y no protegida, determinadas por las variables monitoreadas. En Ballenita la presencia de Hidrocarburos totales presumiblemente puede estar relacionada con la cercanía al lugar de carga y descarga de combustible de la refinería La Libertad, ya que los hidrocarburos en el agua se dispersan rápidamente hacia áreas próximas al origen del derrame, generándose el mayor impacto cerca de la costa (ITOPF, 2014). La contaminación microbiológica en el área no protegida posiblemente esté ligada a las actividades antrópicas desarrolladas en la línea de costa y principalmente a los vertimientos de agua sin tratamiento adecuado realizado desde tierra.

El análisis de metales pesados (Plomo y Cadmio) en los sedimentos colectados en los sitios de estudio, determinó que los valores reportados son similares. Comparado con la norma internacional para sedimento marino, los parámetros se encuentran dentro niveles máximos permitidos (Canadian Council of Ministers of the Environment, 1995). En comparación con normativa nacional del TULSMA (2016) las variables físicas y microbiológicas monitoreadas en agua, se encuentran dentro de norma.

La abundancia del Phylum Mollusca con los gasterópodos como clase más representativa registrada en este estudio, concordando con la información expuesta en estudios realizados previamente en los sitios de colecta (Cárdenas et al., 2015) (Miloslavich et al., 2016) y (Brito, 2014). De acuerdo al enfoque de diversidad (Gil, 2014), es propio de comunidades naturales una alta diversidad, tomando en cuenta este enfoque se entiende el motivo por el cual La Lobería

VARIABLES FÍSICAS, QUÍMICAS Y MICROBIOLÓGICAS EN RELACIÓN A LA PRESENCIA DE MACROINVERTEBRADOS EN LITORALES ROCOSOS DE SANTA ELENA, ECUADOR

dentro del área protegida, presenta el valor más alto de diversidad. Por el contrario, aquellas comunidades expuestas a la contaminación presentan una menor diversidad de especies, como lo que sucede en Ballenita (área no protegida).

Conclusiones

El lugar de mejor condiciones desde el punto de vista de contaminación por Hidrocarburos y Coliformes totales fue La Lobería. Mientras que Ballenita fue el sitio con las peores condiciones de acuerdo a estas variables.

Todos los sitios de colecta presentan los mismos niveles de contaminación por metales pesados, excepto el de Mercurio en La Lobería que está por arriba de los valores reportados en los otros sitios.

La Lobería es el sitio de monitoreo que evidenció la mayor abundancia, diversidad biológica y uniformidad. El hecho de que el sitio este dentro de un área protegida provoca que exista una menor incidencia de contaminantes, siendo un lugar propicio para exista presente los macroinvertebrados bentónicos. Por otra parte, Ballenita presenta niveles de contaminación que están directamente relacionados con la menor abundancia y diversidad de macroinvertebrados en la zona intermareal.

Recomendaciones

Las variaciones estacionales pueden interferir en la interpretación de resultados y el desarrollo de comparaciones con otros estudios previos. Se considera importante que para próximos trabajos se amplíe el período de

VARIABLES FÍSICAS, QUÍMICAS Y MICROBIOLÓGICAS EN RELACIÓN A LA PRESENCIA DE MACROINVERTEBRADOS EN LITORALES ROCOSOS DE SANTA ELENA, ECUADOR

monitoreo para tener un análisis cronológico de la presencia de contaminantes y de los cambios que puedan generarse en la estructura comunitaria en la zona intermareal en las distintas estaciones del año.

Existen otros factores físicos y biológicos independientes de la calidad del agua que afectan a los macroinvertebrados. Por tanto, se deberían desarrollar estudios sobre la influencia del grado de desecación, la presión del oleaje y la competitividad con otras especies en la estructura comunitaria macrobentónica.

Es necesario que a nivel nacional se establezcan normas específicas para el monitoreo de contaminantes (metales pesados e hidrocarburos totales) en el sedimento marino que se adapten a las condiciones propias de los ecosistemas presentes en el país, para realizar un análisis más detallado y preciso del cumplimiento de los parámetros monitoreados.

VARIABLES FÍSICAS, QUÍMICAS Y MICROBIOLÓGICAS EN RELACIÓN A LA PRESENCIA DE MACROINVERTEBRADOS EN LITORALES ROCOSOS DE SANTA ELENA, ECUADOR

Referencias Bibliográficas

Aviles, B. (1984). *Identificación y distribución de los equinodermos en la Provincia del Guayas*. Tesis Doctoral, Universidad de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador.

Barbier, E. B. (2012). Progress and challenges in valuing coastal and marine ecosystem services. *Review of Environmental Economics and Policy*, 6(1), 1-19.

Behrens, D., & Hermosillo, A. (2005). *Eastern Pacific Nudibranchs: a guide to the opisthobranchs from Alaska to Central America*. Sea Challengers, Monterey, California. Monterey, California.

Brito, M. J. (2014). *Impacto del oleaja en la estructura comunitaria de macro-invertebrados bentónicos marinos en la zona rocosa de Ballenita y Punta Carnero, Santa Elena*. Biólogo, Universidad de Guayaquil Guayaquil.

Cabello, R., & Sánchez, G. (2006). Calidad acuática y residuos de contaminantes orgánicos persistentes (COPs) en el área costera del Callao, Perú. Inicios del verano austral 2005.

Canadian Council of Ministers of the Environment. (1995). Canadian Sediment Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life. Quebec :Canada.

Cárdenas, M., Mora, E., Cornejo, M., Villama, F., Rivera, F., Triviño, M., Coronel, D. (2015). Caracterización de las comunidades biológicas de las áreas REMACOPSE, REMAPE y Ayampe-La Entrada *Inventarios submareales e intermareales de biodiversidad marina en seis áreas marino costeras protegidas y cuatro zonas de posible expansión*. Guayaquil: Subsecretaría de Gestión Marina y Costera, Ministerio de Ambiente.

VARIABLES FÍSICAS, QUÍMICAS Y MICROBIOLÓGICAS EN RELACIÓN A LA PRESENCIA DE MACROINVERTEBRADOS EN LITORALES ROCOSOS DE SANTA ELENA, ECUADOR

Caso, M. E. (1961). *Estado Actual de los conocimientos acerca de los equinodermos de México*. Doctor en Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, México.

Clark, K. R., & Warwick, R. M. (1994). *Change in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation*. Natural Environment Research Council. Plymouth, United Kingdom.

Clark, K. R., & Warwick, R. M. (2001). *Change in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation*. Plymouth.

Coan, E., & Valentich-Scott, P. (2012). *Bivalve Seashells of Tropical West America: Marine Bivalve Mollusks from Baja California to Northern Peru. Part 1 and Part 2*. Santa Barbara Museum of Natural History. California. Santa Barbara-California.

Cruz-Motta, J. (2007). Análisis espacial de las comunidades tropicales intermareales asociadas a los litorales rocosos de Venezuela. *Ciencias marinas*, 33, 133-148.

Cruz, M. (2009). Variación de la malacofauna bentónica intermareal y submareal de la Bahía de Santa Elena, Ecuador, entre el 2006 – 2007. In INOCAR (Ed.), *Acta Oceanográfica del Pacífico* (Vol. 15). Guayaquil :Ecuador INOCAR

Denley, E. J., & Underwood, A. J. (1979). Experiments on factors influencing settlement, survival, and growth of two species of barnacles in new south wales. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 36(3), 269-293. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/0022-0981\(79\)90122-9](http://dx.doi.org/10.1016/0022-0981(79)90122-9)

VARIABLES FÍSICAS, QUÍMICAS Y MICROBIOLÓGICAS EN RELACIÓN A LA PRESENCIA DE MACROINVERTEBRADOS EN LITORALES ROCOSOS DE SANTA ELENA, ECUADOR

Endara, A. (2012). Identificación de macro invertebrados bentónicos en los ríos: Pindo Mirador, Alpayacu y Pindo Grande; determinación de su calidad de agua. *Enfoque UTE*, 3(2), pp. 33-41.

Fernández, J., Jiménez, M., & Allen, T. (2014). Diversidad, abundancia y distribución de la macrofauna bentónica de las costas rocosas al norte del Estado Sucre, Venezuela. *Revista de Biología Tropical*, 62, 947-956.

Ferreira, M., & Rosso, S. (2009). Effects of human trampling on a rocky shore fauna on the Sao Paulo coast, southeastern Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, 69, 993-999.

Figuroa, R., Valdovinos, C., & Araya, E. (2012). Macroinvertebrados bentónicos como indicadores de calidad de agua de ríos del sur de Chile. *Revista chilena de historia natural*, 76(2), 275-285.

Gamboa, M., Reyes, R., & Arrivillaga, J. (2008). Macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores de salud ambiental. *Boletín de Malariología y Salud Ambiental*, 48(2), 109-120.

Garth, J. (1948). The Brachyura of the "Askoy" Expedition with Remarks on Carcinological Collecting in the Panamá Bight. *Bulletin of the American Museum of Natural History*, Vol. 92 (1), 1-66.

Gil, J. (2014). *Determinación de la calidad del agua mediante variables físico químicas, y la comunidad de macroinvertebrados como bioindicadores de calidad del agua en la cuenca del río Garagoa*. Magister en desarrollo sostenible y medio ambiente, Univesidad de Manizales, Manizales - Colombia.

Giraldo, A., Giraldo-Cardona, A., González-Zapata, F., López de Mesa-Agudelo, L., Londoño-Cruz, E., & Cantera-Kintz, J. (2014). El Género

**VARIABLES FÍSICAS, QUÍMICAS Y MICROBIOLÓGICAS EN
RELACIÓN A LA PRESENCIA DE MACROINVERTEBRADOS EN
LITORALES ROCOSOS DE SANTA ELENA, ECUADOR**

Echinolittorina Habe, 1956 (Gastropoda: Littorinidae) de los Ecosistemas Rocosos de la Costa Pacífica Colombiana. *Caldasia*, 36(1).

González, N., Mateo, S. S., & Valdivia, Á. M. (2014). Macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores de calidad de agua del trópico húmedo en las microcuencas de los alrededores de Bluefields, RAAS. *Wani revista del Caribe Nicaragüense*(68), 53-63.

Gorza, G. (2009). Biomonitorio Ambiental con Abejas “Estaciones Gemelas con Análisis Simultáneos”. *Éxito empresarial* Retrieved 03 Abril, 2016, from http://www.cegesti.org/exitoempresarial/publicaciones/publicacion_252_240214_es.pdf

Hendler, G., Miller, J. E., Pawson, D., & Kier, P. (1995). *Sea Stars, Sea Urchins, and Allies: Echinoderms of Florida and the Caribbean*. (Vol. 390p.). Washington, USA: Smithsonian Institution Press.

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.

Holthuis, L. B. (1951). *A General Revision of the Palaemonidae (Crustacea Decapoda Natantia) of the Americas. II The Subfamily Palaemoninae*: Research Associate Allan Hancock Foundation I.

VARIABLES FÍSICAS, QUÍMICAS Y MICROBIOLÓGICAS EN RELACIÓN A LA PRESENCIA DE MACROINVEBRADOS EN LITORALES ROCOSOS DE SANTA ELENA, ECUADOR

INVEMAR. (2005). Informe del Estado de los Ambientes Marinos y Costeros en Colombia. *Serie de publicaciones periódicas/INVEMAR*, 1(2), 360.

Retrieved from www.vliz.be/imisdocs/publications/259337.pdf

ITOPF. (2014). Efectos de la contaminación por hidrocarburos en el sector de la pesca y acuicultura *Documentos de Información técnica de derrames marinos* (Vol. 11). Londres - Reino Unido.

Keen, M. (1971). *Sea Shells of Tropical West America*. (2nd. Edition ed.). California: Stanford University.

Landschoff, J., Lackschewitz, D., Keszy, K., & Reise, K. (2013). Globalization pressure and habitat change: Pacific rocky shore crabs invade armored shorelines in the Atlantic Wadden Sea. *Aquatic Invasions*, 8(1), 77-87.

Little, C., Williams, G., & Trowbridge, C. (2009). *The Biology of Rocky Shores*. Nueva York, NY: Oxford University Press.

Londoño-Cruz, E., Cantera-Kintz, J., Barreto, G., López de Mesa-Agudelo, L., González-Zapata, F., & Giraldo-Cardona, A. (2013). Moluscos comunes del ecosistema rocoso marino del Pacífico colombiano: Una guía rápida para su identificación. Santiago de Cali-Colombia: Universidad del Valle, Colombia.

Meager, J. J., Schlacher, T. A., & Green, M. (2011). Topographic complexity and landscape temperature patterns create a dynamic habitat structure on a rocky intertidal shore. *Marine Ecology Progress Series*, 428, 1-12.

Mieszkowska, N., Firth, L., & Bentley, M. (2013). Impacts of climate change on intertidal habitats. *Marine Climate Change Impacts Partnership: Science Review*, 4, 180-192.

VARIABLES FÍSICAS, QUÍMICAS Y MICROBIOLÓGICAS EN RELACIÓN A LA PRESENCIA DE MACROINVERTEBRADOS EN LITORALES ROCOSOS DE SANTA ELENA, ECUADOR

Mite, G., & Gonzabay, P. (2009). *Elaboración del catálogo de invertebrados marinos bentónicos macroscópicos (equinodermos, moluscos y crustáceos) de la zona intermareal rocosa norte del balneario "ballenita" desde el mes de junio a diciembre*. Biología Marina, Universidad Estatal Península de Santa Elena La Libertad :Ecuador.

Montoya, Y., Acosta, Y., & Zuluaga, E. (2011). Evolución de la calidad del agua en el río Negro y sus principales tributarios empleando como indicadores los índices ICA, el BMWP/COL y el ASPT. *Caldasia*, 33(1), 193-210.

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)*.

NaGISA. (2006). An introduction to NaGISA Sampling Protocol for seagrass and macroalgae coastal areas. Version II, from <http://nagisa.cbm.usb.ve/cms/protocols/protocols-slideshow/>

Olsson, A. (1961). Mollusks of the tropical Eastern Pacific. Particularly from the Southern half of the Panamic-Pacific. Faunal Provinces (Panama to Peru). Panamic- Pacific. Pelecypoda *Paleont.Res.Int.Ithaca*, 574.

Pérez-Pompa, N. E., Marañón-Reyes, A. M., González-Marañón, A., Rodríguez-Mendoza, Y., & Naranjo-López, C. (2013). ESTUDIO DE LA CORRELACIÓN ENTRE EL ÍNDICE BIÓTICO BMWP-CUB Y PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS EN EL RÍO GASCÓN DE SANTIAGO DE CUBA. *Revista Cubana de Química*, 24(3), 231-242.

Polanía, J. (2010). Indicadores biológicos para el monitoreo de puertos en Colombia. *Gestión y Ambiente*, 13(3), 75.

VARIABLES FÍSICAS, QUÍMICAS Y MICROBIOLÓGICAS EN RELACIÓN A LA PRESENCIA DE MACROINVERTEBRADOS EN LITORALES ROCOSOS DE SANTA ELENA, ECUADOR

Rendón, L., Agudelo, E., Hernández, Y., Gallo, S., & Arias, A. (2010). Determinación de indicadores para la calidad de agua, sedimentos y suelos, marinos y costeros en puertos colombianos Definition of indicators for marine and coastal water, sediments and soil quality in colombian ports. *Revista Gestión y Ambiente* 13(3).

SARCE. (2012). *Protocolo y Diseño de muestreo para la evaluación de la biodiversidad marina en Suramérica*. Caracas, Venezuela.

Segovia-Zavala, J., Delgadillo-Hinojosa, F., Vidal-Talamantes, R., Muñoz-Barbosa, A., & Gutiérrez-Galindo, E. (2013). *Mytilus californianus* transplantados como bioindicadores de surgencia a dos zonas en Baja California, México *Mytilus californianus* transplanted as upwelling bioindicators to two areas off Baja California, Mexico. *Ciencias Marinas*, 29(4B), 665-675.

Sibaja-Cordero, J. A., & García-Méndez, K. (2014). Variación espacial y temporal de los organismos de un intermareal rocoso, Bahía Panamá, Pacífico Norte, Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*, 62, 85-97.

Subsecretaría de Pesca Chile. (2010). Un tesoro escondido Flora y Fauna de la Costa Central de Chile Retrieved from http://www.subpesca.cl/publicaciones/606/articles-60021_recurso_1.pdf

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(02), 168-191. doi:doi:10.1017/S0376892902000115

TULSMA. (2015). Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente. Quito :Ecuador Ministerio de Ambiente.

**VARIABLES FÍSICAS, QUÍMICAS Y MICROBIOLÓGICAS EN
RELACIÓN A LA PRESENCIA DE MACROINVEBRADOS EN
LITORALES ROCOSOS DE SANTA ELENA, ECUADOR**

Villamar, F., & Cruz, M. (2007). Poliquetos y moluscos macrobentónicos en la zona intermareal y submareal en la provincia del Guayas (Monteverde, Ecuador) In INOCAR (Ed.), *Acta Oceanográfica del Pacífico* (Vol. 14). Guayaquil :Ecuador INOCAR.

Wallenstein, F. M., Neto, A. I., Patarra, R. F., Prestes, A. C. L., Álvaro, N. V., Rodrigues, A. S., & Wilkinson, M. (2013). Indices to monitor coastal ecological quality of rocky shores based on seaweed communities: simplification for wide geographical use. *Revista de Gestão Costeira Integrada*, 13(1), 15-25. doi: 10.5894/rgci365