

Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua
UNAN-Managua
Facultad de Ciencias e Ingenierías

Departamento de Biología



Monografía para optar al título de Licenciada en Biología con mención en
Administración de Recursos Naturales

Tema: “Efecto de la calidad del agua y del sustrato blando sobre la macrofauna
bentónica de la zona intermareal en la Playa Pochomil, San Rafael del Sur,
Managua.”

Elaborado por:

Br. María Joaquina Ibarra Arana

Tutor:

PhD. Lester Raúl Rocha Molina

Managua, Junio de 2016

Dedicatoria

A mis amados padres Verónica María Arana Juárez y Carlos Vicente Ibarra Padilla, gracias por el apoyo, todo lo que soy se los debo a ustedes.

A mi hermanita Elisa María Ibarra Arana, por este y otros logros que te hubieran hecho sentir orgullosa de mí.

A mis abuelitas Imelda Mariana Juárez Flores y Mariana Adilia Juárez Flores, mujeres que a pesar de las adversidades supieron salir adelante.

A mi querido tío Martín Eliseo Ibarra Padilla.

Agradecimiento

A la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua (UNAN-Managua), que a través del Centro para la Investigación en Recursos Acuáticos de Nicaragua (CIRA-UNAN) y el Fondo para Proyectos de Investigación (FPI) financió este trabajo de investigación.

Al Dr. Lester Raúl Rocha Molina, a quien respeto, admiro y aprecio. Su apoyo en todas las etapas de esta investigación fue excepcional.

A la Directora del CIRA-UNAN, MSc. Selvia Flores Sánchez y su Sub-Director MSc. Luis Moreno Delgado, por el apoyo brindado desde el comienzo a este trabajo de investigación a través del Laboratorio de Hidrobiología.

Al Centro de Malacología de la Universidad Centroamericana (UCA), a su Director Adolfo López de la Fuente, S.J. y a la Lic. Janina Urcuyo, por su valiosísima colaboración en la identificación de moluscos y sobre todo, por haberme transmitido sus conocimientos durante todo el proceso.

Finalmente, a cada una de las personas que me brindaron su tiempo y apoyo para culminar este trabajo de investigación.

Índice

I.	Introducción.....	4
II.	Objetivos	5
2.1	General.....	5
2.2	Específicos	5
III.	Marco teórico	6
3.1	Invertebrados bentónicos marinos.....	6
3.2	Diversidad de especies	10
3.3	Variables físico-químicas y sustrato blando	12
3.3.1	Agua de mar	12
3.3.2	Zona intermareal	14
3.3.3	Granulometría.....	15
3.3.4	Materia orgánica.....	16
3.4	Patrones de distribución espacio-temporales	16
IV.	Preguntas directrices	18
V.	Diseño metodológico.....	19
5.1	Área de estudio	19
5.2	Tipo de estudio	20
5.3	Población y muestra.....	20
5.4	Criterios de selección de sitios demuestreo.....	20
5.5	Operacionalización de variables.....	22
5.6	Métodos y procedimientos.....	22
VI.	Análisis y discusión de resultados.....	29

VII. Conclusiones.....	47
VIII. Recomendaciones	48
IX. Referencias bibliográficas	49
X. Anexos	56

II. Introducción

La zona costera es la parte de la tierra afectada por su proximidad al océano y aquella parte del océano afectada por su proximidad a la tierra (US Commission on Marine Sciences, 1969 citado por Rodríguez y Windevoxhel, 1993). Una de las características de esta zona es la gran productividad natural de los ecosistemas que la componen, lo cual es especialmente cierto para los sistemas tropicales, donde se ubica la región centroamericana (Rodríguez y Windevoxhel, 1993).

Por la intensa actividad humana muchas de las modificaciones que esta zona sufre tienen origen antrópico y por su potencial de generar reacciones acumulativas tienden a ser la más perjudicial para el entorno (Rodríguez y Windevoxhel, 1993). Los factores naturales también han ejercido presión a lo largo del tiempo la cual ha contribuido a alterar aún más los ecosistemas de la zona. Se ha producido a nivel mundial una reacción en pro de la protección de los recursos costeros, no solo con fines de utilización sino también de protección (Rodríguez y Windevoxhel, 1993).

Conocer detalladamente cómo interactúan los elementos ambientales se ha vuelto clave para predecir cambios a corto, mediano y largo plazo en el ecosistema, es por ello que los individuos bentónicos se han convertido en una opción eficaz para evaluar zonas marino costeras. La importancia del estudio de las comunidades macrozoobentónicas radica en que pueden ser consideradas como indicadoras de zonas intervenidas de origen antropogénico o contaminadas por materia orgánica (Reish (1979) citado por Villamar, 2013), o por su posición con relación al sustrato existente en el área (Quiróz (2009) citado por Villamar, 2013).

Por tanto, el presente trabajo de investigación pretende conocer el efecto que tiene la calidad de agua y el sustrato blando sobre la macrofauna bentónica de la zona intermareal en la Playa Pochomil, ubicada en el municipio de San Rafael del sur, en la costa del Pacífico de Nicaragua. Se estudió la estructura comunitaria de macrofauna bentónica de la zona y se aplicaron índices diversidad que, relacionados a parámetros físico-químicos del agua de mar, granulometría y materia orgánica del sedimento blando, permitieron conocer con mayor claridad la distribución espacial y temporal de las especies; todos estos elementos se conjugaron para dar a conocer las condiciones a las cuales está adaptada a vivir la comunidad de macrofauna bentónica estudiada y acrecentar los conocimientos sobre estos individuos y su papel fundamental en el ecosistema.

III. Objetivos

3.1 General

- a) Determinar el efecto que tiene la calidad del agua y el sustrato blando sobre la macrofauna bentónica de la zona intermareal en la Playa Pochomil, San Rafael del Sur, Managua.

3.2 Específicos

- a) Estimar la diversidad de macrofauna bentónica de sustratos blandos presente en las estaciones de muestreo en la zona intermareal de la Playa Pochomil San Rafael del Sur, Managua.
- b) Describir el comportamiento temporal de variables físico-químicas del agua de mar, granulometría y materia orgánica de la zona intermareal en la Playa Pochomil, San Rafael del Sur, Managua.
- c) Identificar los patrones de distribución espacio-temporales de la macrofauna bentónica presente en sustratos blandos de la zona intermareal en la Playa Pochomil, San Rafael del Sur, Managua.

IV. Marco teórico

4.1 Invertebrados bentónicos marinos

Se considera a los organismos del bentos aquellos que habitan el área del océano comprendida entre el nivel más bajo de las mareas en la línea costera, hasta el borde de la plataforma continental a una profundidad aproximadamente de 200 m (Carrasco, 1997). Los ecosistemas marinos según Lara-Lara *et al.* (2008) pueden ser clasificados según las zonas de vida que incluye a los asociados a los fondos marinos (bentónicos), los cuales tienden a ser más diversos que otros sistemas como los pelágicos.

El estudio de la fauna bentónica se ve marcado por las diferentes categorías de bentos que la componen en función del tamaño de los individuos. El tamaño la fauna bentónica según Escrivá (2013) se clasifica en: Macrofauna (>500 μm -4.0mm, Meiofauna (62 μm -500 μm) y Microfauna (<62 μm) (ver Anexo 1).

Otra clasificación de la comunidad bentónica según Augier (2007) citado por Escrivá (2013) es según el espacio que ocupan los organismos, este puede ser la superficie del sedimento o el propio sedimento es decir epifauna e infauna, respectivamente; la mayoría de los organismos presentes en la zona intermareal de las playas arenosas según Escrivá (2013) forman parte de la infauna y está representada por aquellos que viven enterrados entre las partículas del sedimento marino, en tubos o construyendo galerías.

Como resultado de la diversidad de hábitat y su interacción con el medio ambiente, las comunidades bentónicas difieren en composición taxonómica, abundancia específica y el papel funcional de los organismos (Guevara-Fletcher *et al.*, 2011).

Las interacciones biológicas dentro de una comunidad bentónica según Escrivá (2013) están sujetas al dinamismo de las playas arenosas el cual depende en mayor medida de las características físicas del sitio. Al hablar de dinamismo Escrivá (2013) se refiere al causado por los movimientos del agua debidos al oleaje, las mareas o las corrientes, en un término más exacto: hidrodinamismo; las costas pueden estar más o menos expuestas, dando lugar a dos tipos de comunidades principales, que se sitúan en dos tipos de ambientes: batido y calmo (Casas *et al.*, 2006).

Autores como McIntyre (1968), Gauld y Buchanan (1956), Holling (1973) y Croker *et al.* (1975) citados por Tarazona *et al.* (1986) sostienen que las playas arenosas con fuerte oleaje presentan un menor número de especies bentónicas que las playas protegidas, esta afirmación se ve respaldada por McLachlan *et al.* (1993), Rodil y Lastra (2004) y Rodil *et al.* (2007) citados por Escrivá (2013) quienes afirman que en el caso la comunidad de macrofauna en términos de abundancia y riqueza de especies es más compleja y diversa en zonas protegidas que en las playas arenosas expuestas; sin embargo, hay estudios realizados en las costas del Perú que demuestran lo contrario (Tarazona *et al.*, 1986).

En términos de tamaño, según Gage (2001) la macrofauna es la sección taxonómicamente más diversa del bentos y según Machal y Brown (2006) citado en Escrivá (2013) la mayoría de los invertebrados que habitan las playas arenosas pertenecen a esa última categoría.

Debido a que algunos organismos son exigentes con los requerimientos ambientales, y dado que las playas arenosas presentan fuertes gradientes, es frecuente encontrar zonaciones en las comunidades de macrofauna en función de las especies (Escrivá, 2013). Como refiere este mismo autor, la zonación tiende a estar influenciada por aspectos biológicos como el aporte de agua dulce que, en diversos casos, modifica la distribución de los individuos debido a que está relacionada a la capacidad que éstos tienen para tolerar cambios en la composición físico-química y movimientos del agua. En relación, Corgos *et al.* (2014), afirman que las alteraciones que sufren las zonas costeras causan cambios súbitos en la salinidad, sedimentos y concentraciones de materia orgánicas, por lo cual la fauna bentónica responde con cambios en su diversidad producto de dichas alteraciones. En otro estudio (Pech y Ardisson, 2010) mostraron que los cambios en la salinidad debido al balance de los aportes de agua dulce y agua salada, constituyen una fuente potencial de disturbio en la abundancia y diversidad de especies de la comunidad bentónica.

Es por ello que Gillet *et al.* (2005) citado por Monserrate *et al.* (2011), afirman que los macroinvertebrados bentónicos al ser especies muy sensibles y de poca movilidad, tienen respuestas inmediatas a cambios que ocurran en el ecosistema, y por tal motivo pueden ser utilizados como bioindicadores de contaminación ambiental.

Gray y Elliot (2009) citados por Escrivá (2013) aseguran que la fauna macrobentónica en las playas arenosas está compuesta por anélidos y en menor medida por moluscos, crustáceos y equinodermos. A su vez, Casas *et al.* (2006) refuerzan el enunciado anterior afirmando que esa misma categoría del bentos en playas arenosas está compuesta principalmente por poliquetos (anélidos), isópodos y anfípodos (crustáceos) y algunos bivalvos (moluscos).¹

4.1.1 Estructura comunitaria de la macrofauna bentónica

El Phylum Annelida (Clase Polychaeta), Phylum Arthropoda (Subphylum Crustacea), el Phylum Echinodermata y el Phylum Mollusca pueden estar presentes en la zona intermareal (Molina y Vargas, 1994; Tarazona *et al.*, 1986; Villalaz *et al.*, 2002).

- Phylum Annelida (Lamarck, 1809)

El Phylum Annelida agrupa a los gusanos celomados que poseen cuerpo segmentado, aunque en algunos casos la segmentación externa no es evidente. Los individuos pertenecientes a este Phylum poseen órganos digestivos y reproductivos que pueden estar repetidos en cada anillo. Las tres Clases pertenecientes a este Phylum son: Polychaeta, Oligochaeta e Hirudinea.

¹ Ver 3.1.1 Estructura comunitaria de la macrofauna bentónica

» Clase Polychaeta (Grube, 1850)

De los tres grupos habitualmente reconocidos dentro del phylum Annelida —poliquetos, oligoquetos y hirudinidos— los poliquetos son exclusivamente marinos (Sielfeld, 2008).

Este grupo es el más característico y la clase con mayor número de especies entre los anélidos. Constituyen uno de los taxa más importantes en las comunidades marinas bentónicas de fondos blandos del mundo, en términos de abundancia y diversidad.

Juegan un rol clave en las cadenas tróficas como depredadores sobre macroinvertebrados y componentes de la meiofauna y como presas de moluscos, crustáceos, peces y aves marinas (Rozbaczylo y Moreno, 2008). Tener conocimientos de la abundancia de poliquetos puede favorecer a caracterizar más fácilmente el hábitat bentónico debido a que son sensibles a perturbaciones.

Para Carrasco (1997) y Villalaz *et al.* (2002) los poliquetos son los más abundantes y frecuentes en los ambientes marinos tienen la mayor presencia en sustratos blandos arenosos y colonizan y exhiben una amplia variedad de hábitos de vida. Según Liñero (1997) citado por Villalaz *et al.* (2002) pueden vivir ya sea enterrados en el sedimento, en el interior de tubos de diferente naturaleza construidos por el mismo animal, reptando sobre el fondo o entre vegetación sumergida y otros.

Los gusanos poliquetos según Escrivá (2013) pueden ser la macrofauna dominante en arenas relativamente protegidas y a medida que aumenta el hidrodinamismo y el sedimento se vuelve más grueso tienden a desaparecer.

- Phylum Arthropoda

Este phylum según Ville *et al.* (1998) es el grupo de animales más diverso y exitoso biológicamente. Este grupo incluye alrededor de un millón de especies, las cuales viven en una variedad de hábitats más grande que los miembros de cualquier otro phylum (Ville *et al.*, 1998). La principal característica de este phylum es poseer un cuerpo segmentado unido por articulaciones, posee un exoesqueleto duro similar a una armadura, formado por quitina y proteína, el cuerpo es segmentado y cuyo número de segmentos permanece constante durante toda la vida (Ville *et al.*, 1998). La clasificación según Ville *et al.* (1998) divide a los artrópodos en tres Subphylum: Chelicerata, Crustacea y Uniramia, de estos únicamente los crustáceos son de hábitat marino.

- Subphylum Crustacea (Brünnich, 1772)

Los crustáceos están ampliamente distribuidos en el planeta, ocupando nichos principalmente acuáticos, tanto marinos como dulceacuícolas y terrenos húmedos (Sielfeld, 2008). Los crustáceos se caracterizan por presentar una diversidad de tamaños y habitar en agua salada, mientras que otras especies son de vida libre, nadadores y también parásitos (Barnes, 1996 citado por Villalaz *et al.*, 2002).

Las clases que pertenecen a este subphylum son las siguientes: Cephalocarida, Ostracoda, Branchiopoda, Maxillopoda, Remipedia y Malacostraca; en esta última clase se destacan los órdenes: Isopoda, Amphipoda, Decapoda y Cumacea, principalmente.

Los isópodos son un grupo de organismos caracterizado por presentar desarrollo directo (Campos, 2003) y son componentes importantes de las cadenas alimentarias marinas para ser considerados indicadores de condiciones ambientales (Breedy y Murillo, 1994).

Los anfípodos son conocidos comúnmente como pulgas de playa, por saltar activamente sobre la arena, el 70% de las especies de anfípodos son marinos siendo la mayoría bentónicos, pero pueden estar presentes en zonas pelágicas formando parte del zooplancton (Moreno *et al.*, 2012). Según Barnard (1964) por su importancia ecológica, abundancia numérica y sensibilidad a tóxicos contaminantes (Dauvin y Gentil, 1990 citado por García-Madriral, 2007), se han considerado como buenos indicadores de contaminación. Sin embargo su identificación taxonómica al igual que en el caso de los poliquetos, representa un problema para los estudios de ecología del bentos (Salazar-Vallejo, 1989 citado por García-Madriral, 2007).

Los decápodos son organismos presentes en los mares y océanos y han sido encontrados desde la zona intermareal hasta las profundidades abisales (Hendrickx, 2012).

Los cumáceos son crustáceos peracáridos marinos pequeños, relativamente abundantes en las aguas someras de los océanos del mundo. La importancia de estos macrocrustáceos se fundamenta en ser parte de la dieta de gran cantidad de peces, equinodermos (especialmente estrellas de mar) y algunos decápodos, además por ser considerados como indicadores de eutrofización (Ortiz *et al.*, 2013)

- Phylum Echinodermata

Los equinodermos constituyen un phylum del reino animal que es particularmente diversificado en aguas tropicales. Son casi exclusivamente marinos y comprenden unas siete mil especies vivientes. Viven desde la zona intermareal hasta las mayores profundidades del océano (FAO, 1995).

Dentro de los equinodermos destacan las clases: Crinoidea, Holothuroideos, Ateroidea, Ofiuroidea, Equinoidea y Concentricicloidea.

La clase Equinoidea según Borrero-Pérez *et al.* (2012), comprende los equinoideos regulares e irregulares, estos últimos incluyen a la galleta de mar, cuya principal característica está relacionada a su adaptación a la excavación en la arena pues poseen un cuerpo cubierto por una gran cantidad de pequeñas espinas que el animal utiliza para la locomoción y mantener limpia de sedimentos la superficie de su cuerpo.

- Phylum Mollusca

Los individuos del Phylum Mollusca son algunos de los invertebrados más notorios y conocidos para el ser humano. Son animales de cuerpo blando y formas variables, los marinos son los más numerosos (López y Urcuyo, 2009) y viven en cualquier tipo de clima, especialmente en los trópicos, desde substratos de fondos arenosos a zonas extensas de manglares (Avilés, 1981 citado por Villalaz *et al.*, 2002).

Los moluscos poseen una gran tolerancia a los ambientes contaminados. En sitios donde otros grupos taxonómicos ya han desaparecido, junto con los anélidos, los moluscos pueden llegar a constituir el 97% de la diversidad con un predominio del 48%. (Je *et al.*, 2004 citado por Baqueiro-Cárdenas *et al.*, 2007).

Los moluscos se dividen en siete clases: Bivalvia (almejas, ostras y mejillones), Gasterópoda (caracoles), Monoplacophora, Aplacophora, Polyplacophora (quitones), Scaphopoda (colmillos o dientes de mar) y Cephalopoda (sepias, calamares y pulpos, los cuales están asociados a aguas profundas) (Gómez, 2000).

La clase gasterópoda (también llamada gastrópoda), cuyos individuos que presentan una sola concha, es la más conocida, numerosa y variada en cuanto a la forma, patrones de colores y esculturas de las conchas (López y Urcuyo, 2009).

Según López y Urcuyo (2009) los bivalvos habitan en ambientes con características climáticas diferentes. Sin embargo, la región tropical posee las condiciones más favorables para su existencia y según su modo de vida pueden ser nadadores, excavadores, fijos o perforantes. Los bivalvos tienen importancia económica y son fuente de alimento para los humanos y las cadenas tróficas del ecosistema marino.

Es bien conocida la capacidad de los bivalvos para sobrevivir en la zona intermareal, donde están sujetos a frecuentes períodos de desecación, cambios de salinidad, temperatura y fuertes cargas de sedimentos. Cuando cualquiera de estos factores se vuelve intolerante, los bivalvos lo sobrellevan cerrando sus valvas y modificando su proceso respiratorio (Baqueiro-Cárdenas *et al.*, 2007).

La tolerancia y adaptabilidad de los moluscos, en particular de los bivalvos, los han situado como los organismos preferidos en el monitoreo de la presencia de contaminantes e indicadores de la calidad de los ecosistemas. Los bivalvos como filtradores y algunos gasterópodos como herbívoros responden, cada uno, a una fracción particular del cuerpo de agua (Conti y Cecchetti, 2003 citado por Baqueiro-Cárdenas *et al.*, 2007).

4.2 Diversidad de especies

Los estudios sobre medición de biodiversidad se han centrado en la búsqueda de parámetros para caracterizarla como una propiedad emergente de las comunidades ecológicas (Moreno, 2001). Sin embargo, las comunidades no están aisladas en un entorno neutro. Por ello, según Whittaker (1972) citado por Moreno (2001) para

comprender los cambios de la biodiversidad con relación a la estructura del paisaje, la separación de los componentes alfa y beta puede ser de gran utilidad, principalmente para medir y monitorear los efectos de las actividades humanas.

La gran mayoría de los métodos propuestos para evaluar la diversidad de especies se refieren a la diversidad dentro de las comunidades (diversidad alfa) (Moreno, 2001). Badii *et al.* (2007) toma en cuenta tres componentes principales al momento de evaluar un ecosistema, estos son riqueza (diversidad), abundancia y equitabilidad.

Para diferenciar los distintos métodos en función de las variables biológicas, Moreno (2001) los divide en dos grandes grupos. El primer grupo se caracteriza por métodos basados en la cuantificación del número de especies presentes (riqueza específica). El segundo grupo se caracteriza por métodos que hacen referencia a la distribución de las especies según el nivel de importancia de cada una, expresada mediante la abundancia relativa; Badii *et al.* (2007) respalda la importancia de ambos grupos, afirmando que la biodiversidad no depende sólo de la riqueza de especies sino también de la abundancia relativa de cada una de ellas. Ante esto, el autor sostiene que cuanto mayor es el grado de dominancia de algunas especies y de rareza, de las demás, menor es la biodiversidad de la comunidad.

Moreno (2001) agrega que medir la abundancia relativa de cada especie permite identificar aquellas que por su escasa representatividad en la comunidad son más sensibles a las perturbaciones; Magurran (1988) citado por Moreno (2001), asegura que al identificar un cambio en la diversidad, ya sea en el número de especies, en la distribución de la abundancia de las especies o en la dominancia, nos alerta acerca de procesos empobrecedores dentro del ecosistema.

En cuanto a los índices de abundancia proporcional, Moreno (2001) los subdivide en dos: índice de dominancia e índice de equidad, para los cuales el índice de Simpson e índice de Shannon-Weaver representan una buena estimación, respectivamente. Ambos pertenecen a cálculos de diversidad Alfa.

El índice de Simpson manifiesta la probabilidad de que dos individuos tomados al azar de una muestra sean de la misma especie.

El índice de Shannon- Weaver (Shannon y Weaver, 1949), expresa la uniformidad de los valores de importancia a través de todas las especies de la muestra. El índice asume que los individuos son seleccionados al azar y que todas las especies están representadas en la muestra (Moreno, 2001). El índice adquiere valores entre cero, cuando hay una sola especie, y el logaritmo de S, cuando todas las especies están representadas por el mismo número de individuos (Magurran, 2004) y las unidades se expresan como *bits/ind*. Adquiere un valor máximo de 4.5 bits/ind para las comunidades de macroinvertebrados bentónicos y valores inferiores a 2.4-2.5 bits/ind son indicativos de que el ecosistema se encuentra sometido a tensión (Pino *et al.*, 2003 citado por Alvarez Carrión y Pérez Rivera, 2007).

En el caso de los índices de diversidad Beta o diversidad entre hábitats, representan el grado de reemplazamiento de especies o cambios bióticos a través de gradientes ambientales (Whittaker, 1972 citado por Moreno, 2001). Estos índices están basados en diferencias que pueden evaluarse a partir de presencia/ausencia de especies (cualitativos) o abundancia proporcional de cada especie como número de individuos (cuantitativos) (Moreno, 2001).

El estudio para comprender el grado de similitud o disimilitud entre sitios ha sido elaborado por medio del índice de Jaccard (cualitativo) y el índice de Morisita-Horn (cuantitativo). El primero, utiliza un intervalo de valores que va de 0 cuando no hay especies compartidas entre ambos sitios, hasta 1 cuando los dos sitios tienen la misma composición de especies. Este índice es una medida inversa de la diversidad, que se refiere al cambio de especies entre dos estaciones (Magurran, 2004).

El segundo índice está fuertemente influido por la riqueza de especies y el tamaño de las muestras (Magurran, 1988 citado por Magurran, 2004). El índice de Morisita-Horn toma en cuenta la abundancia de cada especie de las dos áreas que se comparan. Este índice está influido por la riqueza de las especies y el tamaño de los muestreos además es altamente sensible a la abundancia de las especies (Gutiérrez-Báez *et al.*, 2012).

El índice de Morisita-Horn mide la probabilidad de que dos individuos seleccionados al azar, cada uno de un sitio o grupo diferente sean de la misma especie. Para cualquier par de grupos el valor se encuentra entre 0 y 1, siendo los valores cercanos a uno los más similares; estos valores dependen del número de especies comunes y de la abundancia relativa de éstas (Gutiérrez-Báez *et al.*, 2012).

4.3 Variables físico-químicas y sustrato blando

Algunas de las comunidades bentónicas marinas tienen, entre otras características, la de asociarse con sustratos particulares, mediante adaptaciones morfológicas y fisiológicas (Johnson, 1971; Méndez *et al.*, 1985). Así, surgió el concepto de Biocenosis de Möbius, 1877 citado por Méndez *et al.*, 1985), en el que, además de reconocer el valor de las relaciones inter e intraespecíficas imperantes en una comunidad, se le da un lugar preponderante a los factores ambientales (Biotopo).

3.3.1 Agua de mar

3.3.1.1 Características físicas

Las características más relevantes que afectan la diversidad y distribución de los organismos bentónicos son: salinidad, temperatura, turbidez y conductividad.

Salinidad: La cantidad de material inorgánico disuelto en el agua del mar y expresado en peso de gramos por kilo de agua del mar se llama salinidad y su valor normal es de 35% (Tait, 1971). No obstante, hay variaciones en el contenido total de sales entre aguas oceánicas de latitudes altas y bajas. Al mismo tiempo, hay diferencias en la salinidad a lo largo del perfil de profundidad. (Fuentes y Massol-Deyá, 2002)

Las sales presentes en agua de mar pueden ser agrupadas en dos categorías: elementos conservativos y elementos no-conservativos. En el primer grupo se incluyen todas aquellas sales que presentan una concentración relativamente constante en cualquier ambiente. Los elementos no-conservativos presentan variaciones en su concentración relativa de tipo temporal y espacial (Fuentes y Massol-Deyá, 2002).

La concentración de sales en el entorno de las especies marinas tiene estrecha relación con su capacidad de supervivencia. Según Tait (1971) los cambios de salinidad en el exterior producen mudanzas en los fluidos internos de los individuos alterando su concentración, para ello el balance osmótico que debe realizar una especie puede devenir (en caso que no logre realizarlo adecuadamente) en alteraciones metabólicas e incluso la muerte.

Temperatura: es una magnitud física que refleja la cantidad de calor que posee un cuerpo, un objeto o el ambiente.

La temperatura del agua ejerce un gran control sobre la distribución y actividades de los organismos marinos. Así la tolerancia de los organismos a la temperatura varía según la especie, pero cada una tiene una distribución restringida relacionada con una escala de temperatura concreta. En condiciones normales de temperatura Tait (1971) afirma que es probablemente un controlador de aspectos de distribución de las especies los cuales están relacionados a varios procesos básicos como son el crecimiento, alimentación y reproducción. Bajo condiciones climáticas extremas, los extremos de calor o de frío pueden tener efectos devastadores sobre la población marina, especialmente sobre los organismos costeros (Tait, 1971).

Por otra parte Cánepa (2004) asegura que la temperatura también está relacionada a la precipitación de compuestos, la formación de depósitos, la desinfección y los procesos de mezcla, floculación, sedimentación y filtración en el entorno.

Conductividad: Es una medida de la capacidad de una solución acuosa para transportar una corriente eléctrica. Esta capacidad depende de la presencia de iones disueltos, sus concentraciones absolutas y relativas, su movilidad y su valencia y de la temperatura y la viscosidad de la solución. La conductividad sirve para estimar el contenido total de constituyentes iónicos. (Severiche *et al.*, 2013)

3.3.1.2 Características químicas

Son aquellas que se miden mediante pruebas químicas o la adición de compuestos químicos (Cubillos, 1996). Las características químicas más relevantes que afectan la diversidad y distribución de los organismos bentónicos son: pH, Demanda Bioquímica de Oxígeno y Demanda Química de Oxígeno.

pH: Expresa la actividad de los iones hidrógeno [H⁺]. La escala va de 0 hasta 14 siendo 7 el que representa la neutralidad. Las concentraciones excesivas de H⁺ afectan el agua y limitan sus usos.

Según Vega (1971), las variaciones en el pH del agua de mar son muy pequeñas, encontrándose normalmente valores entre los 8,1 y 8,3 y raras veces valores por debajo de 7,5 o por encima de 9,0.

Oxígeno disuelto: Es la cantidad de oxígeno en el agua. Si los niveles de oxígeno disuelto son demasiado bajos, algunos organismos no pueden sobrevivir. Este indicador depende de la temperatura, puesto que el agua más fría puede guardar más oxígeno en ella, que el agua más caliente, los niveles típicamente pueden variar de 0-18 ppm (Álvarez y Pérez, 2007).

Porcentaje de saturación de Oxígeno: Es el porcentaje máximo de oxígeno que puede disolverse en el agua a una presión y temperatura determinadas (Roldán y Ramírez, 2008).

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅): Se utiliza para determinar la concentración de materia orgánica en aguas superficiales, subterráneas o residuales. Se refiere a una medida de la cantidad de oxígeno utilizado por los microorganismos en la estabilización de la materia orgánica biodegradable, bajo condiciones aerobias, en un período de 5 días y a 20°C (Romero, 1999).

Demanda Química de Oxígeno (DQO): Es una medida de la cantidad de oxígeno consumido por una porción de materia orgánica existente y oxidable por un agente químico oxidante fuerte (Romero, 1999). Se utiliza como parámetro analítico de contaminación por materiales orgánicos.

3.3.2 Zona intermareal

Existen tres divisiones oceanográficas principales: zona supralitoral (o supramareal), zona mesolitoral (o intermareal) y zona sublitoral (o submareal) (ver Anexo 2). Las diferentes zonas están ocupadas por distintos grupos de animales, cada grupo con mayor abundancia sobre una zona particular donde las condiciones son más favorables para los individuos que conforman cada grupo (Tait, 1971).

Debido a que los sistemas marinos son altamente dinámicos, éstos están interconectados por una red de corrientes superficiales y profundas (Lara-Lara *et al.*, 2008). Tait (1971) define la zona intermareal como el espacio comprendido entre la pleamar y la bajar y es una franja afectada por el barrido de las olas y las mareas, sometida a inmersiones y emersiones periódicas las cuales están determinados por las mareas vivas las cuales se presentan durante las fases de luna nueva o llena. Según Casas *et al.* (2006) las comunidades que se encuentran en la zona intermareal requieren o toleran los cambios de marea constantes. Esta zona se caracteriza por ser mucho más rica y diversificada que la zona submareal.

3.3.3 Granulometría

La variable más importante en el ambiente bentónico de fondos blandos (arenoso) es, sin lugar a dudas, el tamaño del grano del sedimento (Carrasco, 1997).

Según Remane (1933) citado por Méndez *et al.* (1985), los espacios intersticiales entre los granos de arena, dependiendo de su tamaño, el cual, según Gray (1981) varía en distancias tan pequeñas como unos pocos centímetros, pueden soportar faunas características.

Gray (1981) citado por Rojas y Vargas (2008) también afirma que las características del sedimento, principalmente la textura y contenido de materia orgánica, son los factores abióticos más determinantes en la abundancia y distribución de los invertebrados bénticos marinos. El establecimiento de larvas de organismos bentónicos adultos se da, en gran parte, dependiendo de las características del sustrato (Gray, 1974 citado por Méndez *et al.*, 1985).

Otra relación importante expuesta por Weiser (1959) citado por Méndez *et al.* (1985), es la relación existente entre el tamaño del grano y el tamaño de las piezas bucales de los organismos que separan el alimento de dichos granos.

En la zona litoral, la estructura del suelo es muy variable y muy importante para determinar la distribución de invertebrados acuáticos, lo cual es particularmente evidente en hábitats marinos (Levinton, 1982 citado por Villalaz J.R. *et al.*, 2002).

El tamaño de las partículas, característico de cada zona, refleja las condiciones de sedimentación y el hidrodinamismo. Según Casas *et al.* (2006) a menor hidrodinamismo las arenas tienden a ser más finas que aquellas que sufren mayor impacto de oleaje y generalmente, cuanto menor es el tamaño de las partículas, mayor es el contenido en materia orgánica y menor la cantidad de oxígeno disuelto.

En relación a lo anterior, Carrasco (1997) afirma que en las playas arenosas las partículas más grandes (sedimento grueso) se distribuyen en la parte superior de la playa y los sedimentos más finos hacia la línea de agua (ver Anexo 3). Este autor lo atribuye a que cuando las olas rompen en la playa son estas partículas más pesadas las primeras en ser expelidas por la fuerza del agua. Villalaz *et al.* (2002) aseguran que el sustrato arenoso se encuentra en la zona de movimiento activo de las aguas, dejando la zona fangosa hacia el área de aguas tranquilas.

Según Weiser (1959) citado por Méndez *et al.* (1985) el tamaño de las partículas determinan la porosidad y capilaridad del medio, permitiendo, entre otras características una mayor o menor humedad de manera que los organismos excavadores se enterrarán verticalmente hasta estratos con humedad óptima. Esta afirmación se ve respaldada por McLachlan y Brown (2006) citados por Escrivá (2013), quienes afirman que en una playa la distribución se ve influenciada por la adaptación que los organismos tengan al sedimento y acción de las olas, siendo la capacidad de

enterramiento muy importante (ver Anexo 4). Esta capacidad se ve afectada por el tamaño del grano de sedimento, lo cual modifica la velocidad de enterramiento.

3.3.4 Materia orgánica

La materia orgánica en los sedimentos (excluyendo la fauna) deriva principalmente de la sedimentación desde la columna de agua suprayacente (Carrasco, 1997). Los sedimentos gruesos de la zona intermareal se secan rápidamente reteniendo poca agua y materia orgánica, por lo tanto esta zona no es el mejor de los ambientes para soportar la vida. La principal fuente de alimento de los organismos bentónicos es la materia orgánica particulada que se deposita en el sedimento (Danovaro y Fabiano, 1997 citado por Pita, 2012). Por lo tanto, su cantidad y calidad determinan la disponibilidad del alimento y pueden ser considerados factores determinantes del crecimiento, metabolismo y distribución de las comunidades bentónicas (Incera *et al.*, 2003 citado por Pita, 2012)

Por otro lado, Gee y Warwick (1985) y Essink (2003) citados por Veiga (2008) destacan que la materia orgánica puede llegar a constituir un factor contaminante si alcanza niveles muy elevados, albergando un escaso número de especies habituadas a esas condiciones. Según Pita (2012) dada la estrecha relación entre las comunidades bentónicas y el sedimento, el conocer la variación de la cantidad y composición bioquímica de la materia orgánica sedimentaria a distintas escalas espaciales puede contribuir a entender mejor los patrones de distribución y la estructura de las comunidades bentónicas.

3.4 Patrones de distribución espacio-temporales

La mayoría de las investigaciones ecológicas vinculan variables ambientales para establecer patrones de distribución espacio-temporal de las especies, y las investigaciones de fauna bentónica no son la excepción.

Los patrones de distribución de la macrofauna costera ha servido como herramienta básica para la identificación y delimitación de áreas biogeográficas definidas, por lo que, la evaluación de las comunidades marinas, se basa principalmente en estudios ecológicos que permiten determinar las especies integrantes, además de brindar información valiosa sobre la estructura de las poblaciones ricas y abundantes que cohabitan en una zona determinada (Fernández *et al.*, 2014). Según Koleff *et al.* (2008) una de las características más conspicuas de la biodiversidad es que no se distribuye de manera homogénea, por lo que los patrones de distribución espacial de la diversidad de especies y los procesos asociados a los mismos han sido objeto de diversos estudios.

Así, Richardson y Whittaker (2010) citados por Pliscoff y Fuentes-Castillo (2011), afirma que los modelos de distribución de especies/ecosistemas se han convertido en una de las áreas de investigación con mayor desarrollo en el campo de la biogeografía de la conservación.

Independientemente de lo que se desee analizar el proceso de levantamiento de datos según Edwards *et al.* (2006) citado por Pliscoff y Fuentes-Castillo (2011), es crucial para que el modelo genere los resultados de forma adecuada.

V. Preguntas directrices

1. ¿Cuáles es la diversidad de especies de macrofauna bentónica de sustratos blandos en las diferentes estaciones de muestreo de la zona intermareal en la Playa Pochomil?
2. ¿Cuál es el comportamiento temporal de las variables físico-químicas, granulometría y materia orgánica de la zona intermareal en la Playa Pochomil?
3. ¿Cuáles son los patrones de distribución espacio-temporales que posee la macrofauna bentónica de sustratos blandos de la zona intermareal en la playa Pochomil?

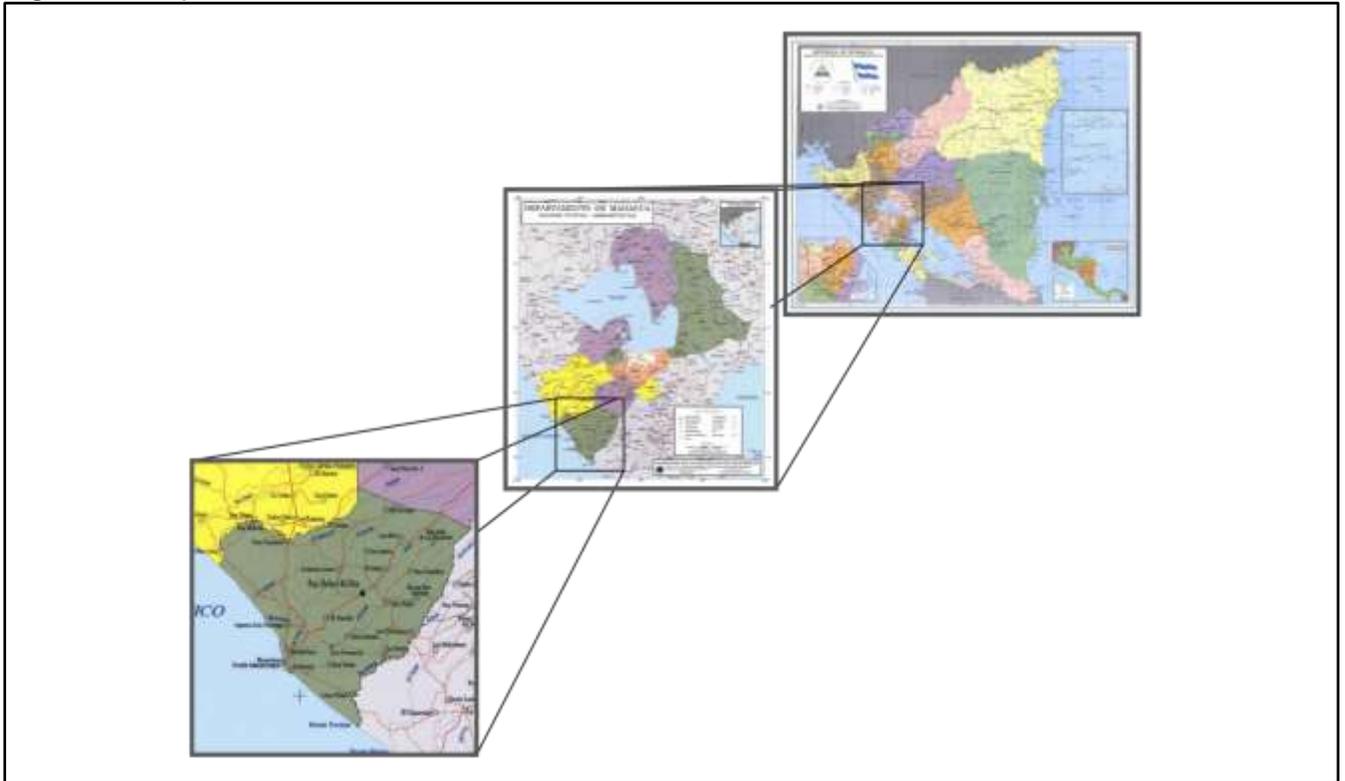
VI. Diseño metodológico

5.1 Área de estudio

El área de estudio comprende la zona intermareal de la Playa Pochomil ubicada en la costa del Océano Pacífico de Nicaragua, municipio de San Rafael del Sur, Departamento de Managua (Ver Figura 1).

Coordenadas geográficas: 11°46'5.52" N 86°30'6.12" O

Figura 1: Mapa del área de estudio



5.1.1 Descripción del área de estudio

La comunidad costera de Pochomil es un sitio confinado entre salientes rocosos y bocanas con una longitud de 1.5 km. El área pertenece al municipio de San Rafael del Sur que se caracteriza por poseer terrenos con topografía regular cruzados por una serie de quebradas pequeñas que desembocan en el mar y algunos sitios con presencia de precipicios.

El clima en general en el municipio es de Sabana Tropical cálido y seco por estar ubicado en una zona costera. La temperatura oscila entre 27.5°C y 28°C pudiéndose experimentar períodos con temperatura más alta sobre todo en la época seca. (INIFOM, s.f)

5.2 Tipo de estudio

El estudio es de tipo descriptivo porque expone las características físicas y biológicas del área de estudio; correlacional porque dichas características están relacionadas a variables ambientales; y de corte transversal porque fue realizado en un período de tres meses en el cual se obtuvieron los datos para completar el estudio.

5.3 Población y muestra

La población del estudio estuvo representada por todos los individuos de la macrofauna bentónica de sustratos blandos presentes en la zona intermareal de la Playa Pochomil a lo largo de 3.295 km lineales de costa.

La muestra del estudio estuvo representada por los individuos de macrofauna bentónica de sustrato blando de la zona intermareal en la Playa Pochomil, colectados en tres estaciones de muestreo de un metro cuadrado cada una, seleccionadas a conveniencia durante los meses de julio y septiembre.

5.4 Criterios de selección de los sitios de muestreo

Con la intención de obtener muestras de nichos ecológicos disímiles, se identificaron aquellos sitios donde era notoria la interacción del mar con diversos tipos de sustrato y/o cuerpos de agua dulce a lo largo de la zona intermareal de la Playa Pochomil. A continuación se describe cada uno:

- i. Sitio Arenoso (S.A): Área exclusivamente de sustrato blando (arenoso), totalmente descubierta y sin ningún tipo de protección por vegetación o parches de sustratos rocosos; el rompimiento de las olas tuvo acción directa sobre el sitio durante la marea alta.
- ii. Sitio Rocoso con Río (S.R.R): Su principal característica fue la de poseer parches de sustrato rocoso dispersos en la zona submareal que a su vez estaban rodeados por sustrato arenoso, este último extendido hasta las zonas intermareal y supramareal; el sustrato arenoso de las dos zonas antes mencionadas sufrió del impacto directo de las olas durante la marea alta, pero los parches rocosos mermaban hasta cierto punto su velocidad.
- iii. Sitio Rocoso (S.R): En la zona Norte de la línea costera de la Playa Pochomil, se observó en la zona submareal un sistema rocoso bastante extenso que se proyectaba de Sur a Norte hasta llegar a la Playa Masachapa, mismo que podía proteger a los individuos de la zona alta de la playa y crear un entorno idóneo para las especies.



Figura 2: Mapa de los sitios de muestreo – Playa Pochomil

5.5 Operacionalización de variables

En la Tabla 1 se presenta la operacionalización de las variables del estudio y contiene la definición conceptual, indicadores e instrumentación.

Tabla 1: Operacionalización de las variables del estudio

Objetivo específico	Variable	Definición conceptual	Indicadores	Instrumentación
Estimar la diversidad de macrofauna bentónica de sustratos blandos presente en las estaciones de muestreo en la zona intermareal de la playa Pochomil.	Diversidad de macrofauna bentónica	Es la variabilidad entre los organismos vivientes de todas las fuentes. Esto incluye diversidad dentro de las especies, entre especies y de ecosistemas. (UNEP,1992)	Presencia o ausencia de macrofauna bentónica en sustratos blandos de la zona intermareal.	Índice de Simpson Índice de Shannon- Weaver
Describir el comportamiento temporal de variables físico-químicas del agua de mar, granulometría y materia orgánica de la zona intermareal en la Playa Pochomil.	Variables físico-químicas, granulometría y materia orgánica.	Elementos que influyen sobre los seres vivos; pueden ser físico-químicos y biológicos.	Temperatura pH Oxígeno disuelto % Saturación de Oxígeno Salinidad DBO ₅ DQO Granulometría Materia orgánica Granulometría Contenido de materia orgánica	Análisis de laboratorio Análisis de laboratorio con Escala USDA Análisis de laboratorio
Identificar los patrones de distribución espacial y temporal de la macrofauna bentónica encontrada en sustratos blandos de zona intermareal en la playa Pochomil.	Patrones de distribución espacio-temporal.	Propiedad de una comunidad de ocupar un área geográfica en un tiempo determinado de acuerdo a factores ambientales.	Distribución de la macrofauna bentónica de fondos blandos en las estaciones de muestreo en diferentes momentos	Índice de Jaccard Índice de Morisita-Horn Modelación espacial y temporal

5.6 Métodos y procedimientos

El método utilizado para la obtención de información fue el de observación *in situ* para la identificación de la zona intermareal de la Playa Pochomil y la selección a conveniencia de los sitios de muestreo.

5.6.1 Diversidad de macrofauna bentónica

Una vez identificado cada uno de los puntos de muestreo y siguiendo la metodología utilizada por Brusca (1973) se introdujo un marco metálico de un metro cuadrado dividido en nueve secciones de 30 x 30 cm (900 cm²) a una profundidad de 15 cm. Las sub-muestras de macrofauna bentónica fueron extraídas de tres de las nueve secciones del marco.

Todo el material encontrado dentro del marco metálico se retiró con una pala metálica y se depositó cada sub-muestra en una bolsa plástica individual y se les vertió alcohol al 95% para preservarlas. Las bolsas estaban previamente marcadas con el código de la estación de muestreo y número de sub-muestra a la que pertenecía el contenido depositado.

Todas las muestras fueron llevadas al CIRA-UNAN para su análisis según los Procedimientos Operativos Normalizados del Laboratorio de Hidrobiología que obedecen a los procedimientos del Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 1999.

Este procedimiento se repitió para cada una de las sub-muestras para cada una de las tres estaciones de muestreo y realizadas en dos campañas de muestreo.

En el laboratorio, cada muestra de sustrato colectada de cada una de las tres secciones seleccionadas del marco metálico se vació en un contenedor plástico donde se adicionó agua del grifo para permitir la separación de los organismos en estudio del sedimento. Se utilizó un tamiz de 200 µm que permitió retener los organismos de la macrofauna contenida.

Todos los individuos fueron depositados en frascos etiquetados y se preservó la muestra con alcohol al 95% (ver Anexo 9).

La identificación taxonómica hasta nivel de género o especie de los individuos bentónicos colectados se realizó por medio de un estereoscopio y un microscopio y con apoyo de la literatura disponible.

Para estimar la diversidad de macrofauna se utilizaron: el índice de Simpson (1949) y el índice de Shannon- Weaver (1949), descritos a continuación.

» El índice de Simpson (1949):

$$\lambda = \sum p_i^2$$

Dónde:

p_i = abundancia proporcional de la especie i , es decir, el número de individuos de la especie i dividido entre el número total de individuos de la muestra.

» El índice de Shannon- Weaver (1949)

$$H' = - \sum_{i=1}^s (p_i \times \log_2 p_i)$$

Para calcular la precisión en la estimación del índice Shannon-Weaver (1949), se usó la siguiente fórmula:

$$SD_{H'} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^s n_i \log_2 n_i - \left(\sum_{i=1}^s n_i \log_2 n_i \right)^2}{n^2}}$$

5.6.2. Parámetros físico-químicos, granulometría y materia orgánica

La determinación de pH, conductividad eléctrica, salinidad, oxígeno disuelto y porcentaje de saturación de oxígeno fue realizada con equipo de campo para obtener datos *in situ* (ver Anexo 6).

Para obtener los datos de temperatura, pH, conductividad eléctrica y porcentaje de saturación de oxígeno primeramente se utilizó una pala metálica para cavar en la arena dentro del cuadrante hasta que el agua contenida en el sustrato emergiera a la superficie. Posteriormente se rellenó un recipiente plástico de 200 ml con el agua de mar y se introdujo los electrodos del equipo de campo hasta que éste hiciera la lectura de los parámetros. En el caso de la salinidad, se utilizó un salinómetro al cual se le dejó caer una considerable cantidad de gotas de agua de mar y posteriormente se midió el parámetro.

Para la colecta de muestra para DBO₅, se utilizó un recipiente plástico de color blanco con capacidad para 250 ml de agua, previamente etiquetado para identificar el punto de muestreo. El recipiente se lavó dos veces para que adquiriera las características del entorno a muestrear. El recipiente se llenó con agua de mar del sitio, se cerró y se colocó en un termo con refrigeración para su traslado al Laboratorio de Aguas Residuales del CIRA-UNAN.

Para la colecta de muestra para DQO, se utilizó un recipiente de vidrio esterilizado color ámbar con capacidad de 100 ml de tapón esmerilado y previamente etiquetado para facilitar su identificación. El recipiente se lavó tres veces para que adquiriera las características del entorno a muestrear. El recipiente se llenó en forma vertical hasta enrase con agua de mar del sitio, se añadió 1 ml de H₂SO₄ concentrado (ácido sulfúrico), se cerró y se agitó 10 veces mezclando bien el contenido del recipiente para luego depositarlo en un termo con refrigeración para su traslado al Laboratorio de Aguas Residuales del CIRA-UNAN.

A continuación se presenta una tabla con el método de obtención de cada uno de los parámetros físico-químicos de agua de mar, basados en los Procedimientos Operativos Normalizados de los Laboratorios de Radioquímica Ambiental y Aguas Residuales.

Tabla 2: Métodos de obtención de parámetros físico-químicos de agua, granulometría y materia orgánica.

Parámetro	Método analítico	Método in situ	Estándar Methods	Límite de detección/Uds.
Temperatura	-	pH-metro	-	°C
pH	-	pH-metro	-	0.1 a 14.0 unidades
Oxígeno disuelto	-	Electrodos	-	Porcentaje
% Saturación O ₂	-	Conductivímetro	-	Porcentaje
Conductividad	-	Conductivímetro	-	µS/cm
Salinidad	-	Salinómetro	-	ppm
DBO ₅	Modificación de la Azida (prueba de cinco días)	-	5210 ¹ .B	1.00 mg.l ⁻¹
DQO	Color dilución	-	-	1.00 mg.l ⁻¹
Granulometría	Tamiz (arena) y sedimentación	-	PON-RQA-03	Porcentaje de cada fracción
Materia orgánica	Walkey & Black (Dicromato de potasio)	-	PON-RQA-02	Porcentaje

Tanto para la colecta de sustrato para análisis de granulometría como para materia orgánica, se utilizó una draga Ponar Petit con 231.04 cm² de área de captura.

Se realizaron tres extracciones (muestras) de sustrato, uno por cada estación dentro de los límites del cuadrante utilizado en la extracción de macrofauna bentónica. El sustrato extraído fue ocupado tanto para el análisis de determinación de granulometría como para el análisis de contenido de materia orgánica.

La muestra fue depositada en una bolsa plástica previamente etiquetada, de 40 libras de capacidad y sin preservar, se trasladó al CIRA-UNAN para su análisis según los Procedimientos Operativos Normalizados del Laboratorio de Radioquímica Ambiental (PON-RQA-02 Y PON-RQA-03).

Para la definir la composición granulométrica del sustrato fueron colocadas las muestras en una bandeja plástica forrada con papel aluminio y secadas parcialmente a temperatura ambiente hasta la reducción de la viscosidad. Una vez la muestra estuvo seca, se maceró y se tamizó a 2.00 mm La muestra resultante se almacenó en recipientes de teflón previamente etiquetados.

Para el análisis, se tomó 5 g de suelo o sedimento resultante del procedimiento anterior y se colocó en un beaker de 600 ml, se humedeció el contenido con agua destilada y se agregó lentamente 50 ml de Peróxido de Hidrógeno al 15% para evitar la formación de espuma producto del contenido de materia orgánica presente en la muestra. Luego, la muestra se evaporó a 80°C en baño María y se le adicionó 25 ml de Pirofosfato de Sodio decahidratado y se dejó en reposo por 12 horas. Transcurrido el tiempo de reposo, se añadió agua a la muestra y se agitó con un dispersador de partículas durante tres minutos en dos momentos dejando un minuto de reposo entre cada agitación. Este procedimiento se repitió para cada muestra.

Una vez finalizados los treinta minutos de reposo, se procedió a la separación manual de las partículas de arena gruesas, media y fina con un tamiz de 0.600, 0.200 y 0.063 mm, respectivamente y el contenido tamizado se colocó en cápsulas de porcelana previamente pesadas. Estas cápsulas se colocaron en el horno a 100°C durante 12 horas, luego se dejaron enfriar y fueron pesadas hasta obtener peso constante

La muestra resultante del tamizado con la malla de 0.063 mm se colocó en una probeta y se aforó con 1000 ml de agua destilada para iniciar la etapa de sedimentación haciendo uso de una probeta de Köhn. El tiempo de sedimentación a una temperatura de 25°C fue de 00:04:08 (horas/minutos/segundos), 00:41:41 y 06:53:00 para limo medio, limo fino y arcilla, respectivamente.

Posteriormente se procedió a calcular el % de arena, limo y arcilla según los Procedimientos Operativos Normalizados del Laboratorio de Radioquímica Ambiental (PON-RQA-02 Y PON-RQA-03) y se determinó la textura del suelo mediante el triángulo de la USDA expuesto a continuación.

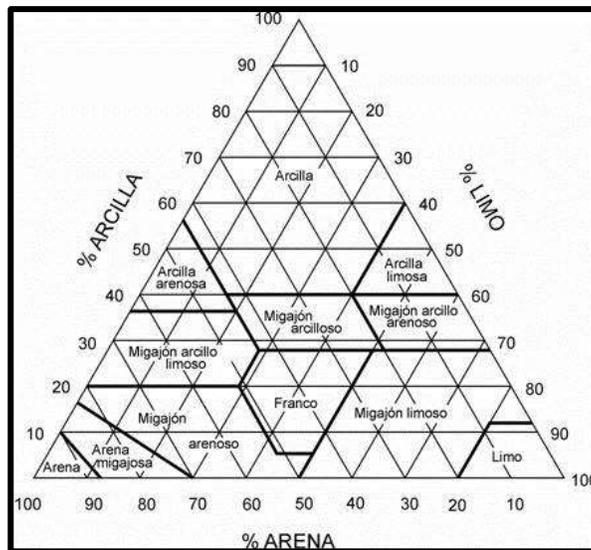


Figura 3: Triángulo de texturas del suelo según el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de América (USDA).

Para la definir el porcentaje de materia orgánica las muestras fueron colocadas en una bandeja plástica forrada con papel aluminio y secadas a temperatura ambiente hasta la reducción de la viscosidad. Una vez la muestra estuvo seca, se maceró y se tamizó a 2.00 mm. La muestra resultante se almacenó en recipientes de teflón previamente etiquetados.

Se depositó 1.0 g en un Erlenmeyer de 500 ml. Se añadieron 10 ml de solución de Dicromato de Potasio 1 N, ácido sulfúrico concentrado y se mezcló con un giro suave, se tapó y dejó en reposo. Posteriormente se diluyó la solución en 200 ml de agua destilada, 10 ml de ácido fosfórico concentrado, 0.2 g de Fluoruro de Sodio, 1 ml de difenilamina y Sulfato Ferroso Amoniacal hasta que se tornó verde oscuro. Por último se procedió a calcular el % de M.O.

5.6.3 Patrones de distribución espacio-temporal

Se utilizaron el índice Jaccard (1908) y el índice de Morisita-Horn para medir el grado de similitud o disimilitud entre los sitios de muestreo. Mediante estos índices se pudo establecer una comparación cualitativa y cuantitativa con los valores obtenidos.

» Índice de Jaccard, expresado mediante la siguiente fórmula:

$$I_J = \frac{c}{a + b - c}$$

Dónde:

a = número de especies presentes en el sitio A

b = número de especies presentes en el sitio B

c = número de especies presentes en ambos sitios A y B

» Índice de Morisita-Horn:

Este índice está fuertemente influido por la riqueza de especies y el tamaño de las muestras (Magurran, 1988).

$$I_{M-H} = \frac{2 \sum (an_i \times bn_j)}{(da + db)aN \times bN}$$

Dónde:

an_i = número de individuos de la i -ésima especie en el sitio A

bn_j = número de individuos de la j -ésima especie en el sitio B

$da = \sum an_i^2 / aN^2$

$db = \sum bn_j^2 / bN^2$

Para conocer un agrupamiento natural de las especies se utilizó el análisis cluster aglomerativo jerárquico, lo que genera una clasificación no supervisada de las especies en toda el área de estudio.

Para conocer la distribución espacio-temporal de los organismos bentónicos en la zona intermareal se utilizó un modelo lineal mixto generalizado (GLMM, por sus siglas en inglés) con una función de error Poisson usando la función vínculo logit y ajustado por la aproximación Laplace. El tiempo y el sitio de muestreo fueron considerados como factores de efectos fijos y las muestras como factor de efecto aleatorio. Debido a la existencia de sobre-dispersión en el modelo se generó una variable sintética que capturara dicha sobre-dispersión. Esta variable sintética fue modelada como factor de efecto aleatorio.

El modelo completo consistió en el ajuste de los dos efectos principales y su interacción. Después de ajustar el modelo completo todos los términos no significativos fueron removidos paso a paso y los submodelos fueron comparados usando la prueba de razón de verosimilitud y el Criterio de Información de Akaike (AIC) como medida para comparar el ajuste de los diferentes modelos. El modelo con el AIC más bajo se consideró ser el modelo más parsimonioso.

5.6.4 Análisis de la información

Los índices de diversidad fueron calculados en el software Past3 (Hammer *et al.*, 2015). El mapa fue generado con el software Surfer 9 (Golden Software®, 2016). Se utilizó el paquete lme4 (Bates *et al.*, 2015) para ajustar el GLMM y el paquete vegan (Oksanen, 2015) para el análisis clúster ambos del software estadístico R (R Development core Team, 2015).

VII. Análisis y discusión de resultados

6.1 Estimación de diversidad de macrofauna bentónica de sustratos blandos

6.1.1 Abundancia y riqueza

La abundancia total de macrofauna bentónica de sustratos blandos de la zona intermareal en la Playa Pochomil fue de 596 individuos. Durante la época seca se obtuvieron 231 individuos y durante la época lluviosa 365 individuos, correspondientes al 38.75% y 61.24%, respectivamente (ver Figura 4).

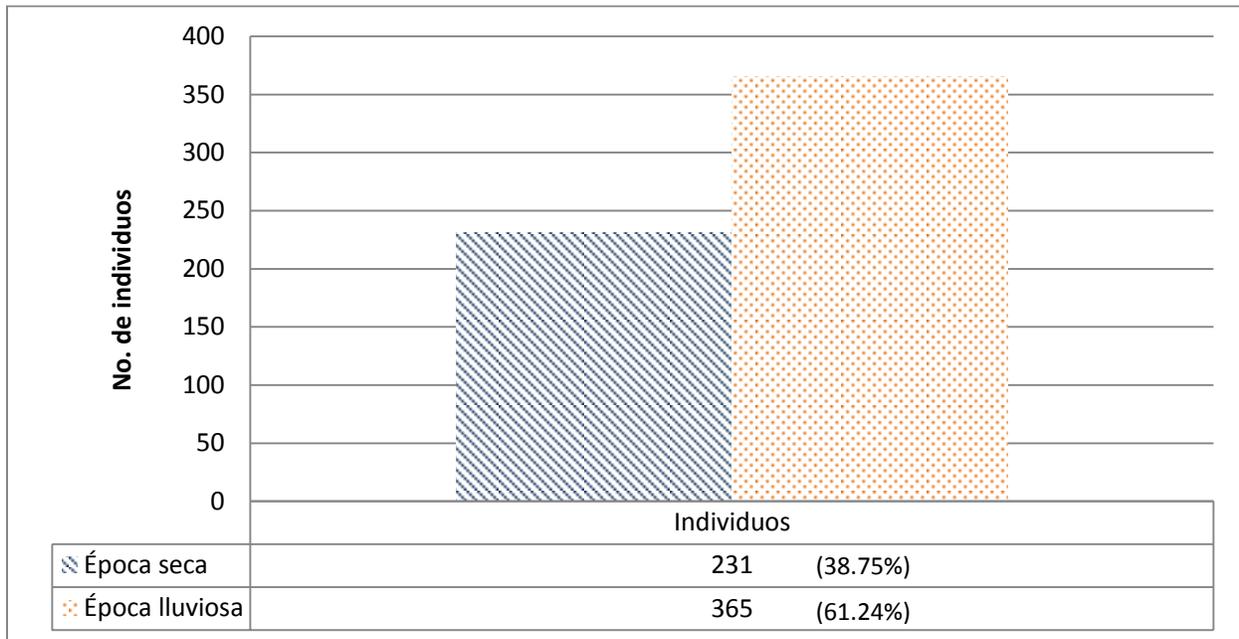


Figura 4: Abundancia relativa de macrofauna bentónica de sustratos blandos de la zona intermareal – Playa Pochomil. S.A= Sitio Arenoso, S.R.R= Sitio Rocoso Río, S.R= Sitio Rocoso

En el caso de la abundancia por sitio de muestreo, los sitios S.A y S.R. presentaron incremento en el número de individuos durante la época lluviosa, caso contrario sucedió con el sitio S.R.R, donde se presentó un valor de abundancia inferior a la obtenida en la época seca (ver Figura 5).

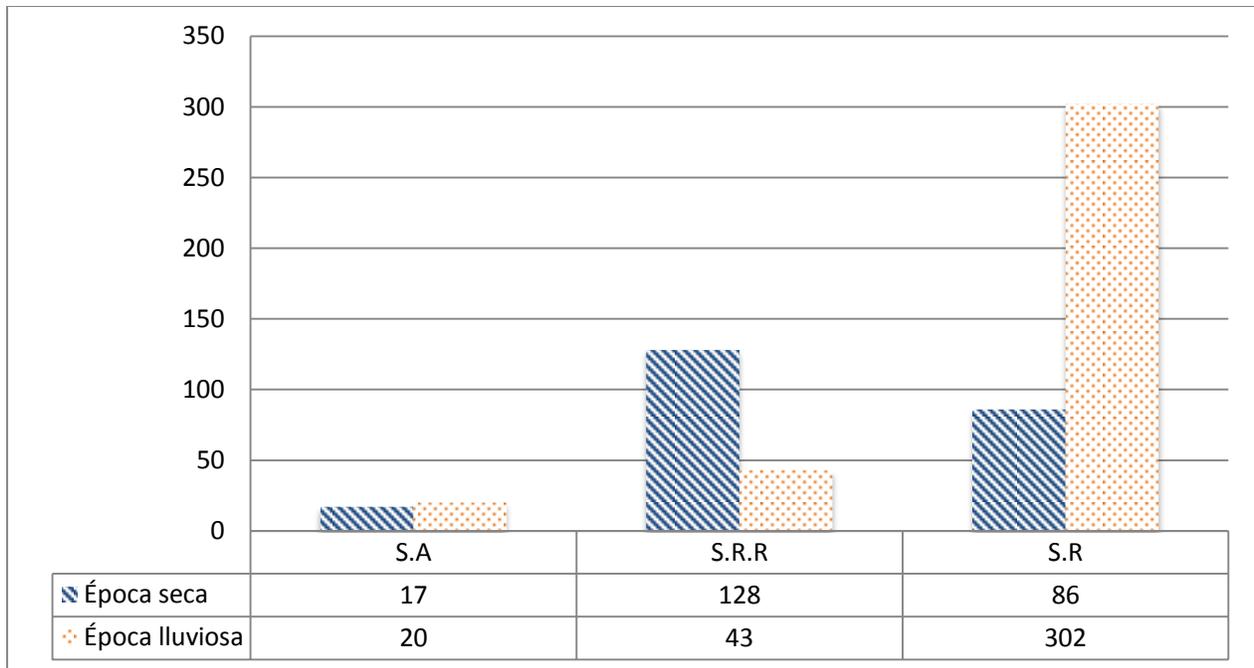


Figura 5: Abundancia relativa por sitios de muestreo de macrofauna bentónica de sustratos blandos de la zona intermareal – Playa Pochomil. S.A= Sitio Arenoso, S.R.R= Sitio Rocoso Río, S.R= Sitio Rocoso

Taxonómicamente los individuos encontrados, éstos estuvieron distribuidos en 4 Phylum: Mollusca (n=495), Annelida (n=78), Arthropoda (n=20) y Echinodermata (n=3) (Figura 6), estando este último Phylum presente únicamente en la época seca siendo poco representativo en comparación a los otros grupos taxonómicos (Figura 7 y 8). Según Avilés (1981) en sustratos de fondos arenosos, los anélidos y los moluscos pueden llegar a constituir el 97% de la diversidad (Je *et al.*, 2004).

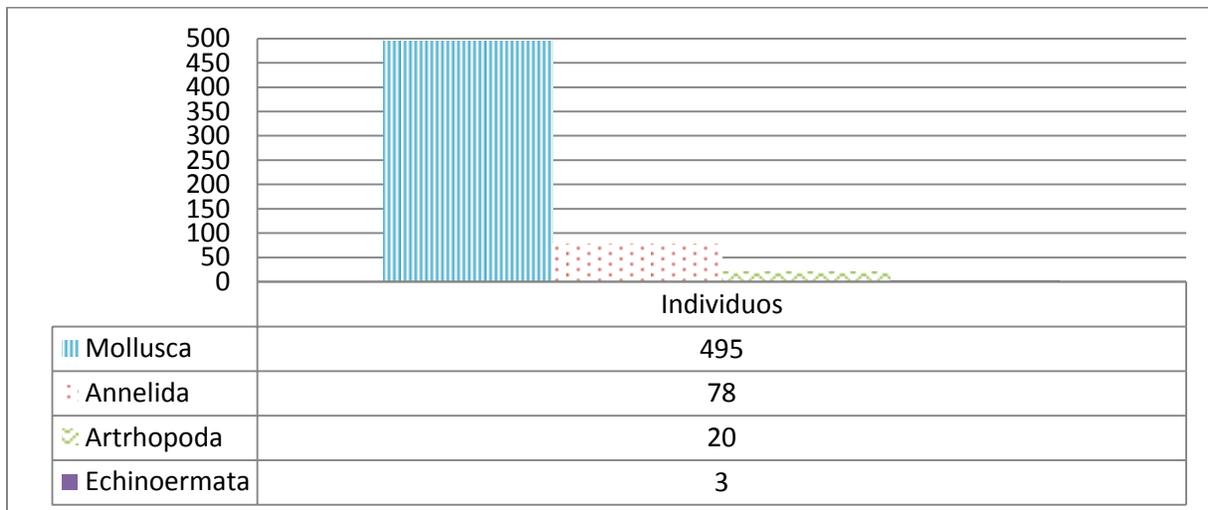


Figura 6: Abundancia por Phylum de macrofauna bentónica de sustratos blandos de la zona intermareal – Playa Pochomil. S.A= Sitio Arenoso, S.R.R= Sitio Rocoso Río, S.R= Sitio Rocoso

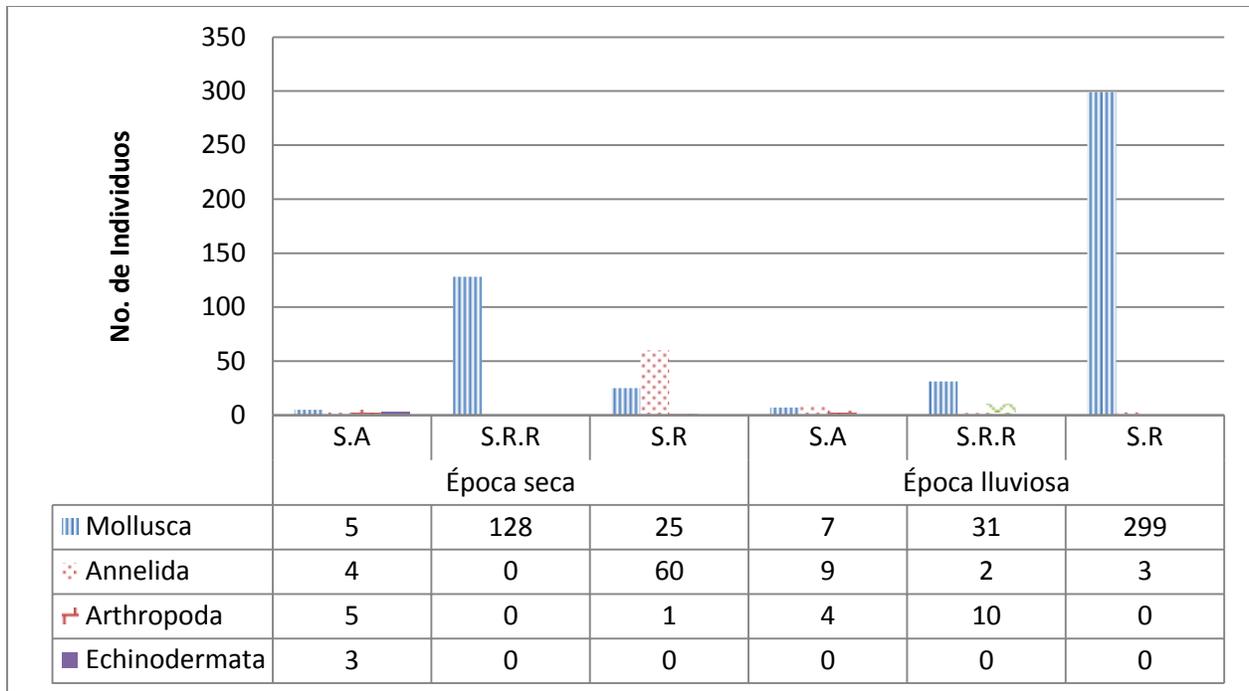


Figura 7: Distribución de abundancia de macrofauna por Phylum en ambas épocas de muestreo – Playa Pochomil. S.A= Sitio Arenoso, S.R.R= Sitio Rocoso Río, S.R= Sitio Rocoso.

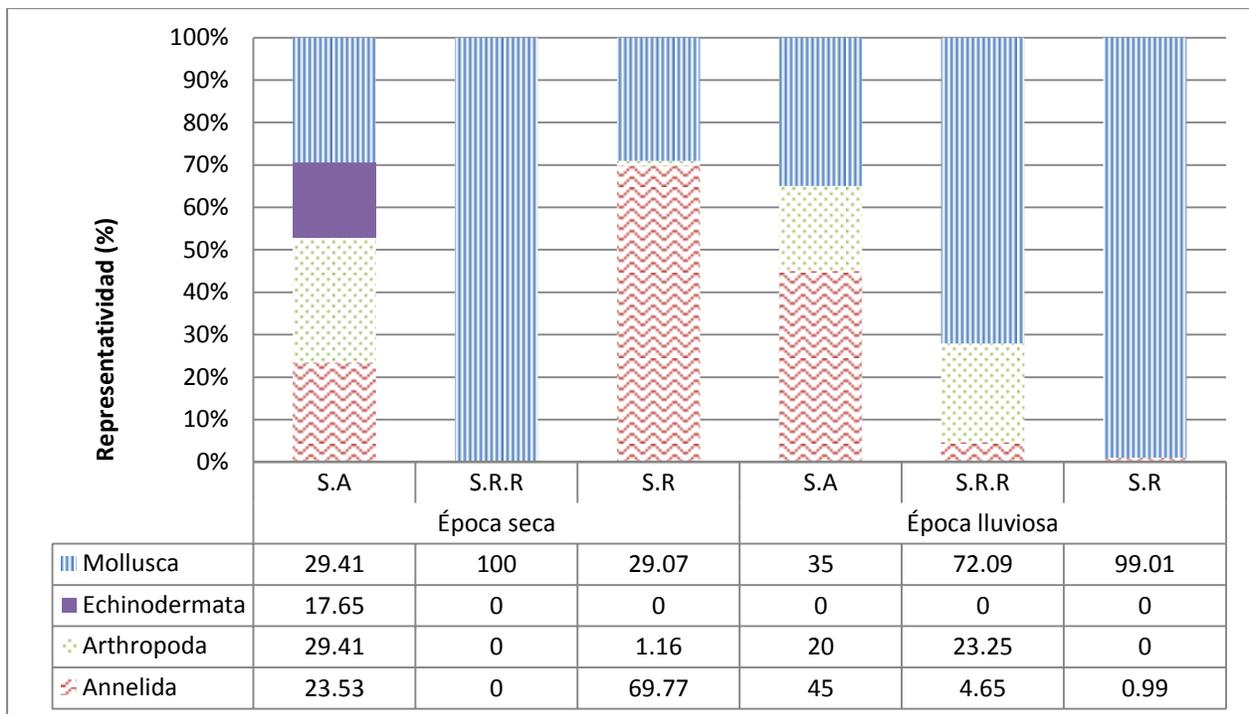


Figura 8: Representatividad de la macrofauna bentónica por Phylum en ambas épocas de muestreo – Playa Pochomil. S.A= Sitio Arenoso, S.R.R= Sitio Rocoso Río, S.R= Sitio Rocoso

Durante la época seca la especie más comúnmente encontrada fue el gasterópodo *Olivella semistriata* (n=100), y durante la época lluviosa el bivalvo *Trigonocardia obovalis* (n=71), ambas pertenecientes al Phylum Mollusca. En el caso del Phylum Annelida la especie más común durante la época seca fue el poliqueto *Eunicida sp.* (n=29) y durante la época lluviosa el poliqueto *Lumbrineris sp.* (n=4). Del Phylum Arthropoda, la especie más común en ambas épocas fue el decápodo *Gammaropsis sp.* (n=5 y n=8, respectivamente). El Phylum Echinodermata tuvo a *Mellita longifissa* (n=3) como la única especie presente en la época seca.

Al analizar la riqueza de especies se observó que para las dos épocas el sitio S.A presentó los valores más bajos entre todos los sitios de muestreo con 8 y 11 especies, respectivamente. El sitio S.R.R si bien presentó valores intermedios comparado con los otros sitios, disminuyó su riqueza pasando de 21 especies en la época seca a 16 especies en la época lluviosa. Lo anterior presenta estrecha relación a lo expuesto respecto a la abundancia. Finalmente el sitio S.R fue aquel que tuvo mayor número de especies en ambas épocas de muestreos, con 22 especies en la época seca, e incrementándose a 37 especies en la época lluviosa (ver Figura 9; ver Anexo 7 y 8).

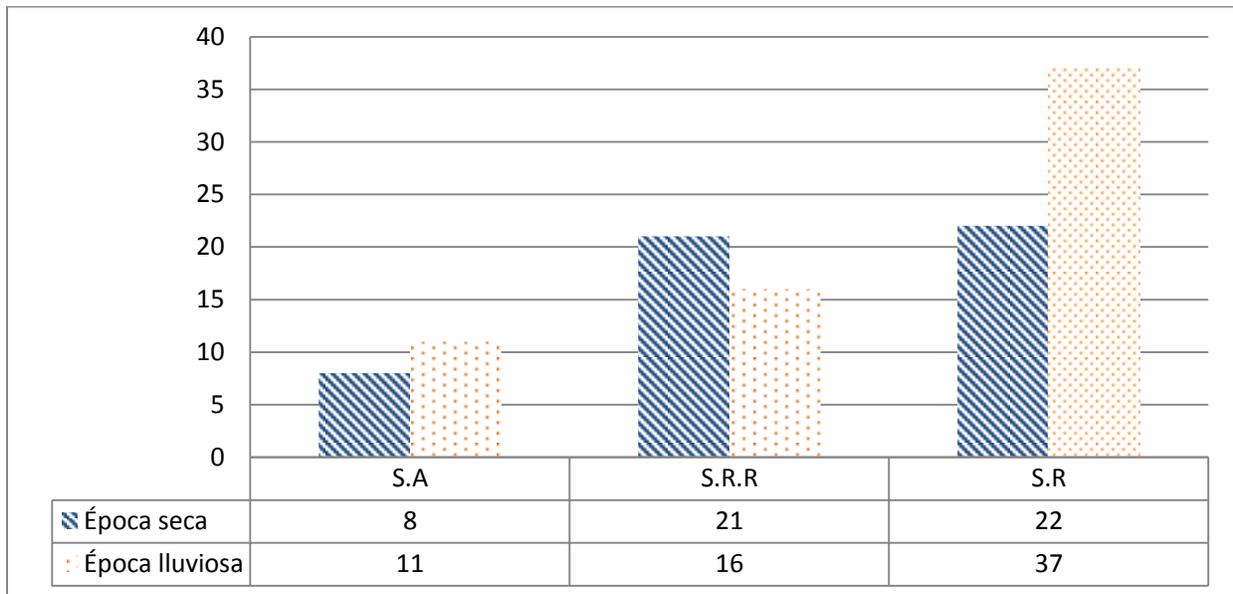


Figura 9: Riqueza de especies de macrofauna bentónica de sustratos blandos de la zona intermareal – Playa Pochomil. S.A= Sitio Arenoso, S.R.R= Sitio Rocoso Río, S.R= Sitio Rocoso

Según diversos autores (McLachlan *et al.*, 1993, Rodil & Lastra, 2004, Rodil *et al.*, 2007) la comunidad de macrofauna en términos de abundancia y riqueza de especies, es más compleja y diversa en zonas rocosas protegidas que en las playas arenosas expuestas. En la zona intermareal de la Playa Pochomil, se logró observar que aquellos sitios de muestreo que presentaban algún tipo de protección de la acción directa de las olas (S.R.R y S.R) tuvieron mayor presencia de individuos, mientras que el sitio desprotegido (S.A) mostró los valores más bajos en el número de individuos y no tuvo una variación importante de individuos entre las épocas.

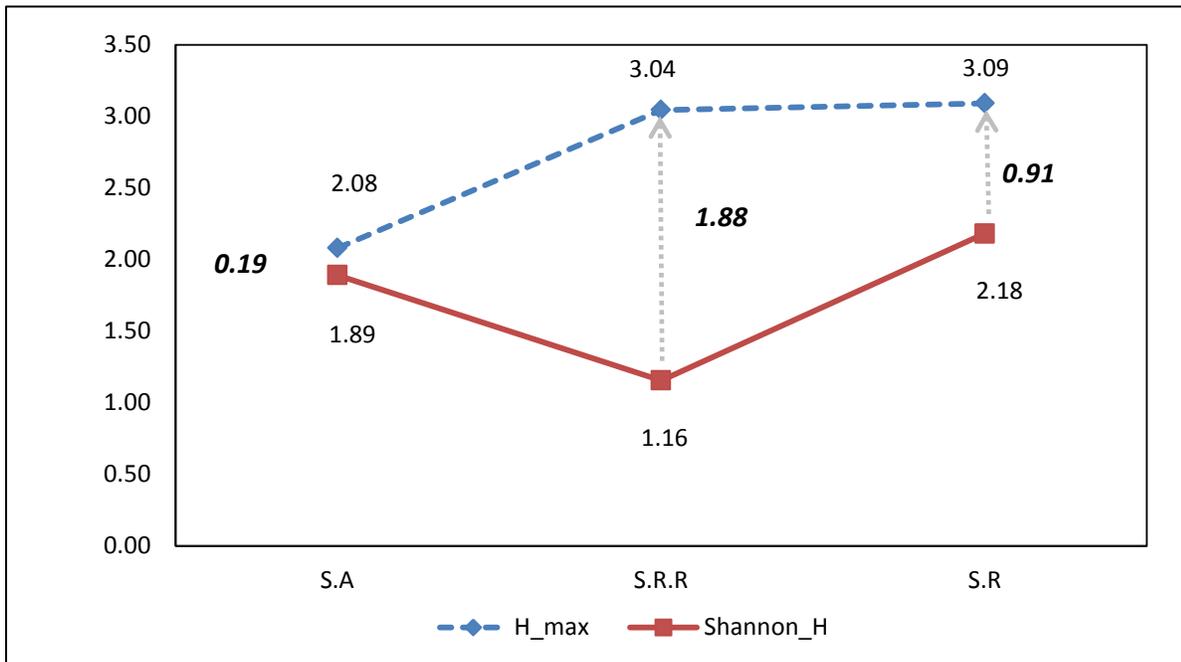
Según Escrivá (2013), algunos organismos son exigentes con los requerimientos ambientales y es frecuente encontrar zonaciones en las comunidades de macrofauna. En el caso del sitio S.R.R hubo variaciones tanto para abundancia como riqueza de especies. Lo ocurrido anteriormente podría estar estrechamente relacionado a las condiciones físicas del lugar. Si bien el sitio S.R.R cuenta con un pequeño sistema rocoso que lo protege, también existe un espacio de convergencia entre el mar y el Río Pochomil donde fluye agua dulce, lo que puede modificar la distribución espacio-temporal de los individuos (Escrivá, 2013). Durante la época lluviosa, el aporte de agua dulce y arrastre de sedimentos muy probablemente hayan influido la movilización o muerte de los individuos producto de la intolerancia que algunos poseen a cambios en la composición fisico-química del sustrato. Esto último coincide a lo expresado por Pech y Ardisson (2010) quienes aseguran que los cambios en la salinidad debido al balance de los aportes de agua dulce y agua salada, constituyen una fuente potencial de disturbio en la comunidad bentónica.

6.1.2 Índice de Shannon-Weaver

En el caso del índice de diversidad de Shannon-Weaver, según Pino *et al.* (2003) citado por Álvarez y Pérez (2007) los valores inferiores a 2.4-2.5 bits/ind son indicativos de que el ecosistema se encuentra sometido a tensión. Para la época seca se pudo constatar que en todos los sitios el índice de Shannon-Weaver fue menor de 3.5 bits/ind (Figura 10). En la época lluviosa únicamente S.R presentó un valor (2.72 bits/ind) cercano al máximo indicativo de tensión (2.5 bits/ind) sin llegar a superarlo (Figura 11) producto del alto número de especies encontradas (n=302).

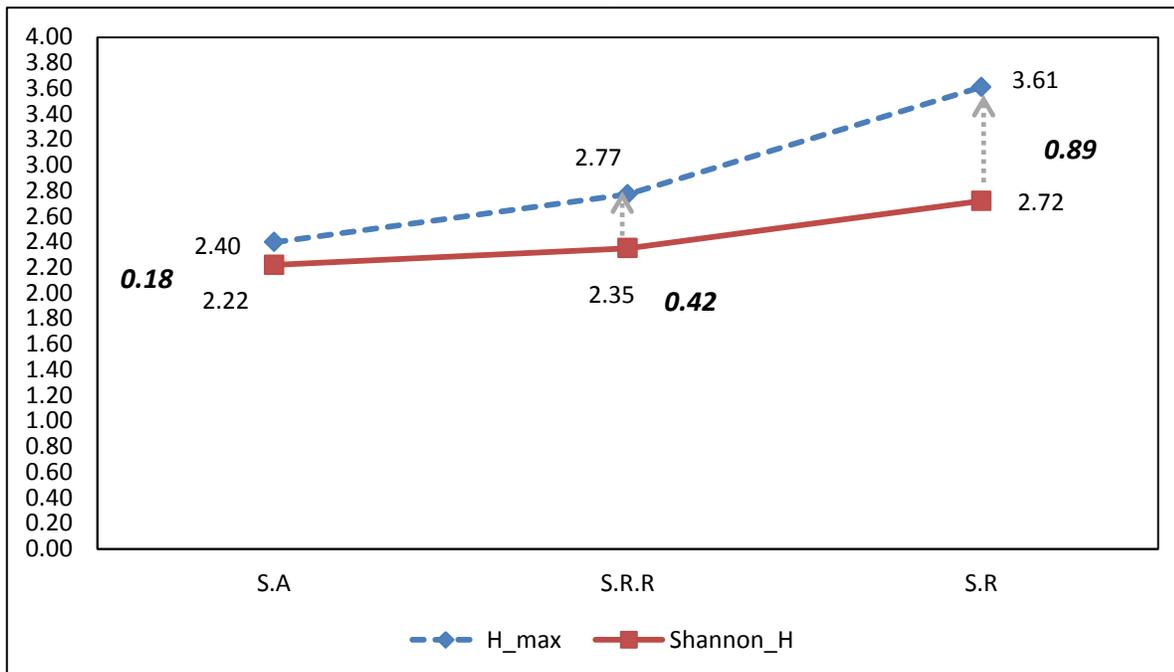
Son notorias las diferencias entre los valores de diversidad de ambas épocas y se debe destacar que en congruencia con la abundancia y riqueza de especies, la época lluviosa mostró valores más cercanos a la diversidad máxima esperada (H_max) (ver Figuras 10 y 11) calculada con el índice de Shannon-Weaver.

Figura 10: Índice de Shannon-Weaver en los sitios de muestreo durante la época seca – Playa Pochomil.



Época seca	S.A	S.R.R	S.R
H_max	2.08	3.04	3.09
Shannon_H	1.89	1.16	2.18

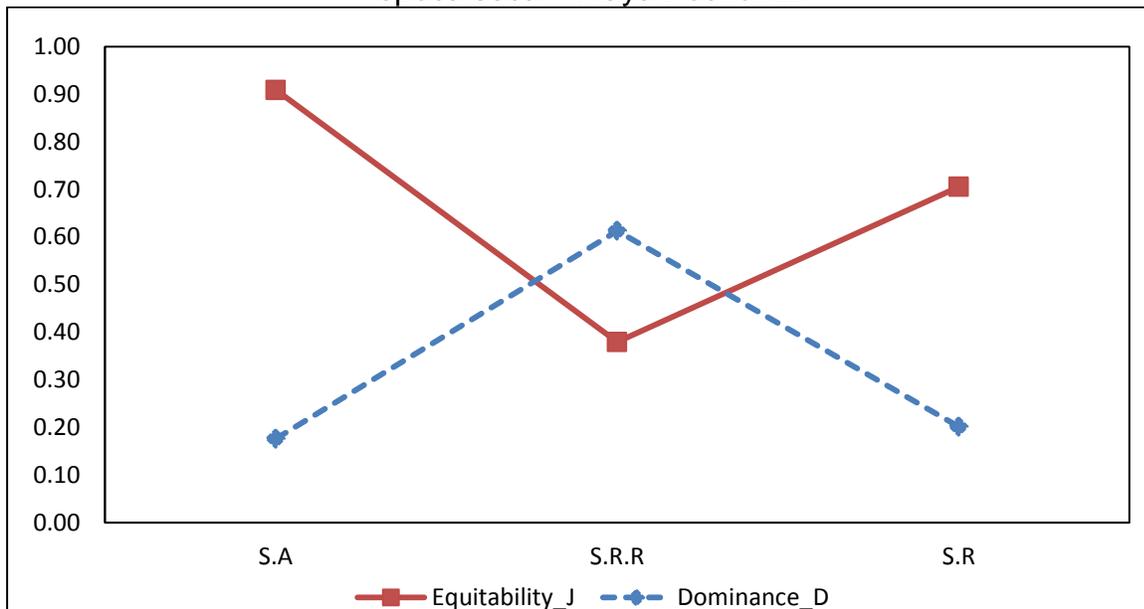
Figura 11: Índice de Shannon-Weaver en los sitios de muestreo durante la época lluviosa – Playa Pochomil.



Época lluviosa	S.A	S.R.R	S.R
H_max	2.40	2.77	3.61
Shannon_H	2.22	2.35	2.72

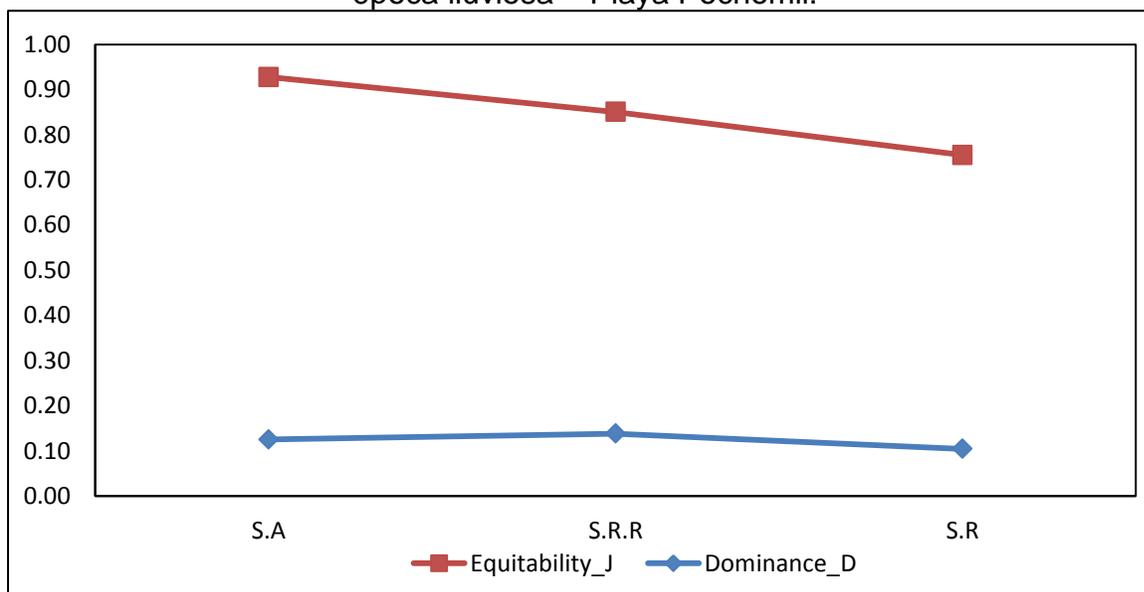
En cuanto a la dominancia y equidad de las especies (Figuras 13 y 14), se evidenció cambios en el comportamiento de los valores tanto entre sitios como entre en épocas de muestreo, siendo la época lluviosa la que tuvo mayor homogeneidad, lo cual es congruente con los valores obtenidos de abundancia y riqueza de especies.

Figura 13: Dominancia y equidad de especies en los sitios de muestreo durante la época seca – Playa Pochomil.



Muestreo I	S.A	S.R.R	S.R
Dominance_D	0.18	0.61	0.20
Equitability_J	0.91	0.38	0.71

Figura 14: Dominancia y equidad de especies en los sitios de muestreo durante la época lluviosa – Playa Pochomil.



Muestreo II	S.A	S.R.R	S.R
Dominance_D	0.12	0.13	0.10
Equitability_J	0.92	0.85	0.75

6.2 Variables físico-químicas, granulometría y materia orgánica

Con el fin de conocer el efecto que tiene la calidad del agua y el sustrato blando sobre la comunidad de macrofauna bentónica de la zona intermareal en la Playa Pochomil, fueron seleccionadas una serie de variables físico-químicas que permitieron caracterizar y conocer el comportamiento que tuvieron dichas variables durante las épocas seca y lluviosa en los nichos ecológicos seleccionados para el estudio.

La temperatura osciló entre los 29.5°C y los 28.2°C entre ambos momentos de muestreo; sin embargo ambos valores (máximo y mínimo) se presentaron durante la época seca. El pH se mantuvo relativamente estable entre 8.13 y 8.06 durante la época seca, pero mostró poca variación durante la época lluviosa un mínimo de 7.84 y un máximo de 8.04. Según Vega (1971), las variaciones en el pH del agua de mar son muy pequeñas, encontrándose normalmente valores entre los 8.1 y 8.3 y raras veces valores por debajo de 7.5 o por encima de 9.0.

El oxígeno disuelto en el agua tuvo comportamiento similar durante ambas épocas con valores que oscilaron entre los 0.2 mg.L⁻¹ y 2.9 mg.L⁻¹; únicamente durante la época lluviosa se evidenció un incremento en el sitio S.A llegando hasta los 3.6 mg.L⁻¹. El porcentaje de saturación de oxígeno tuvo variaciones entre sitios y épocas. Los valores durante la época seca oscilaron el 4% y el 54%; sin embargo, durante la época lluviosa los porcentajes incrementaron y presentaron variaciones entre sí pasando de un 26% hasta un 55%. Por otro lado la conductividad eléctrica se mantuvo con valores estables en ambas épocas con un mínimo de 43.3 mS.cm⁻¹ y un máximo de 55.8 mS.cm⁻¹. La salinidad de los sitios fue estable entre sitios y épocas con un mínimo de 33 ups y un máximo de 36 ups.

Las variables que mayores diferencias tuvieron entre épocas fueron la DBO₅ y la DQO. Durante la época seca, los valores de la DBO₅ oscilaron entre 0.52 mg.L⁻¹ y 1.29 mg.L⁻¹, mientras que en la época lluviosa los valores del rango se incrementaron a 40 mg.L⁻¹ y 70 mg.L⁻¹. La DQO por su parte, el rango de valores estuvo entre 7.51 mg.L⁻¹ y 15 mg.L⁻¹ durante la época seca y se incrementaron los valores a 80.2 mg.L⁻¹ y 144.52 mg.L⁻¹ en la época lluviosa.

El contenido de materia orgánica en ambas épocas de muestreo fue muy escaso con valores que no superaron el límite de detección. El valor máximo de materia orgánica detectado fue 0.465%. En cuanto a la caracterización textural, todos los sitios fueron clasificados como 100% arenosos (ver Tabla 3.)

Tabla 3: Valores de factores físico-químicos para ambas épocas en los tres sitios de muestreo. Nota: *Límite de detección: <1 **Límite de detección: <10

Factores Ambientales	S.A		S.R.R		S.R	
	<i>E.S</i>	<i>E.LL</i>	<i>E.S</i>	<i>E.LL</i>	<i>E.S</i>	<i>E.LL</i>
Temperatura (°C)	29.5	29.2	28.2	29	28.5	28.5
pH (unidades de pH)	8.13	8.04	8.13	8.01	8.06	7.84
Oxígeno disuelto (mg.L ⁻¹)	1.08	3.6	0.2	2.8	2.9	2.3
Saturación de O ₂ (%)	24	55	4	35	54	26
Conductividad (mS.cm ⁻¹)	52.4	53.7	56.8	55.2	43.3	55.8
Salinidad (ups)	35	35	35	36	33	35
DBO* (mg.L ⁻¹)	0.53	70	0.52	56	1.29	40
DQO ₅ ** (mg.L ⁻¹)	7.51	144.52	7.51	105.93	15	80.2
Granulometría	Arenoso					
Materia Orgánica (%)	0.1	0.07	<0.067	<0.06	0.15	0.46

6.3 Identificación de patrones de distribución espacio-temporales

Los patrones de distribución de la macrofauna costera ha servido como herramienta básica para la identificación y delimitación de áreas biogeográficas definidas, por lo que, la evaluación de las comunidades marinas, se basa principalmente en estudios ecológicos que permiten determinar las especies integrantes, además de arrojar información valiosa sobre la estructura de las poblaciones ricas y abundantes que cohabitan en una zona determinada (Fernández *et al.*, 2014).

Para establecer similitudes o disimilitudes entre sitios, se utilizaron los índices de Jaccard (cualitativo) y Morisita-Horn (cuantitativo).

Los resultados obtenidos reflejaron baja similitud entre los sitios de muestreo (Figura 15 y 16, Tabla 4), dado por el número de especies compartidas entre sitios. Los máximos valores de similitud se presentaron entre S.R.R y S.R durante ambas épocas; los valores medios entre S.A y S.R durante la época seca, y entre S.A y S.R.R; finalmente los valores mínimos entre S.A y S.R.R durante la época seca, y entre S.A y S.R. durante la época lluviosa.

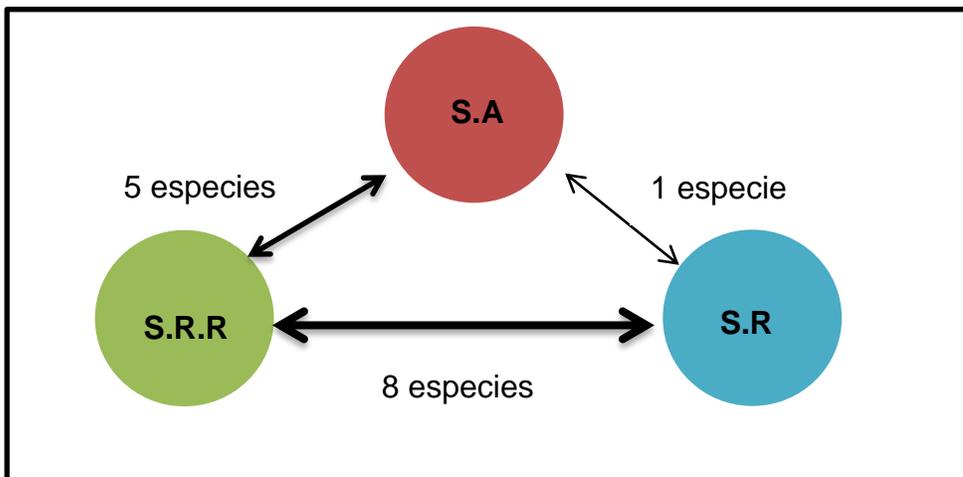


Figura 15: Especies compartidas entre sitios de muestreo durante la época seca- Playa Pochomil. S.A= Sitio Arenoso, S.R.R= Sitio Rocoso Río, S.R= Sitio Rocoso.

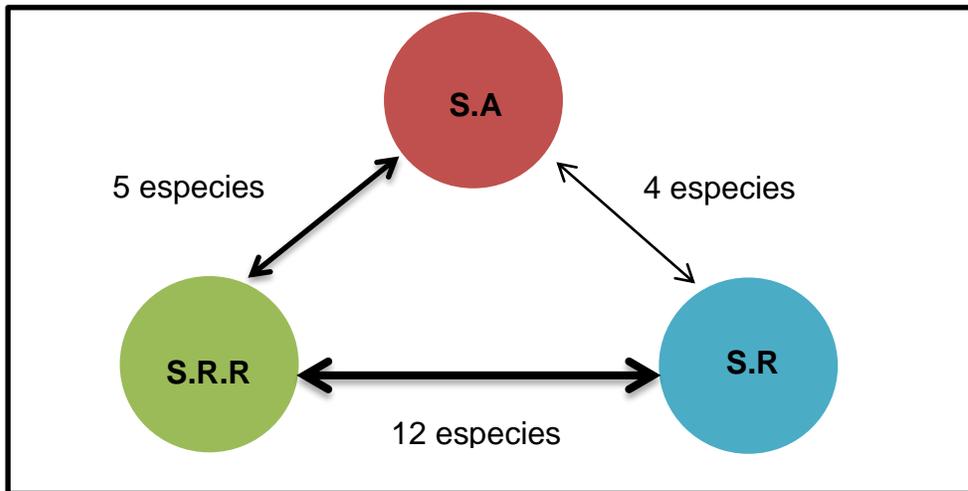


Figura 16: Especies compartidas entre sitios de muestreo durante la época lluviosa - Playa Pochomil. S.A= Sitio Arenoso, S.R.R= Sitio Rocosó Río, S.R= Sitio Rocosó.

Tabla 4: Índice de Jaccard (cualitativo) y Morisita-Horn (cuantitativo) en ambas épocas de muestreo – Playa Pochomil.

Época Seca					
Sitios	Número de especies	Abundancia	Muestras comparadas	Jaccard	Morisita-Horn
S.A	8	17	1 y 3	0.2	0.123
S.R.R	21	128	1 y 2	0.036	0.001
S.R	22	86	2 y 3	0.229	0.028
Época Lluviosa					
Sitios	Número de especies	Abundancia	Muestras comparadas	Jaccard	Morisita-Horn
S.A	11	20	1 y 3	0.091	0.064
S.R.R	16	43	1 y 2	0.227	0.601
S.R	37	302	2 y 3	0.293	0.411

Por otra parte en ambas épocas de muestreo las especies se distribuyeron en diferentes grupos según su abundancia, encontrándose que para ambas épocas existieron cinco agrupamientos principales con diferencias entre especies de un 80% durante la época seca y un 70% en la época lluviosa (Figura 17 y 18).

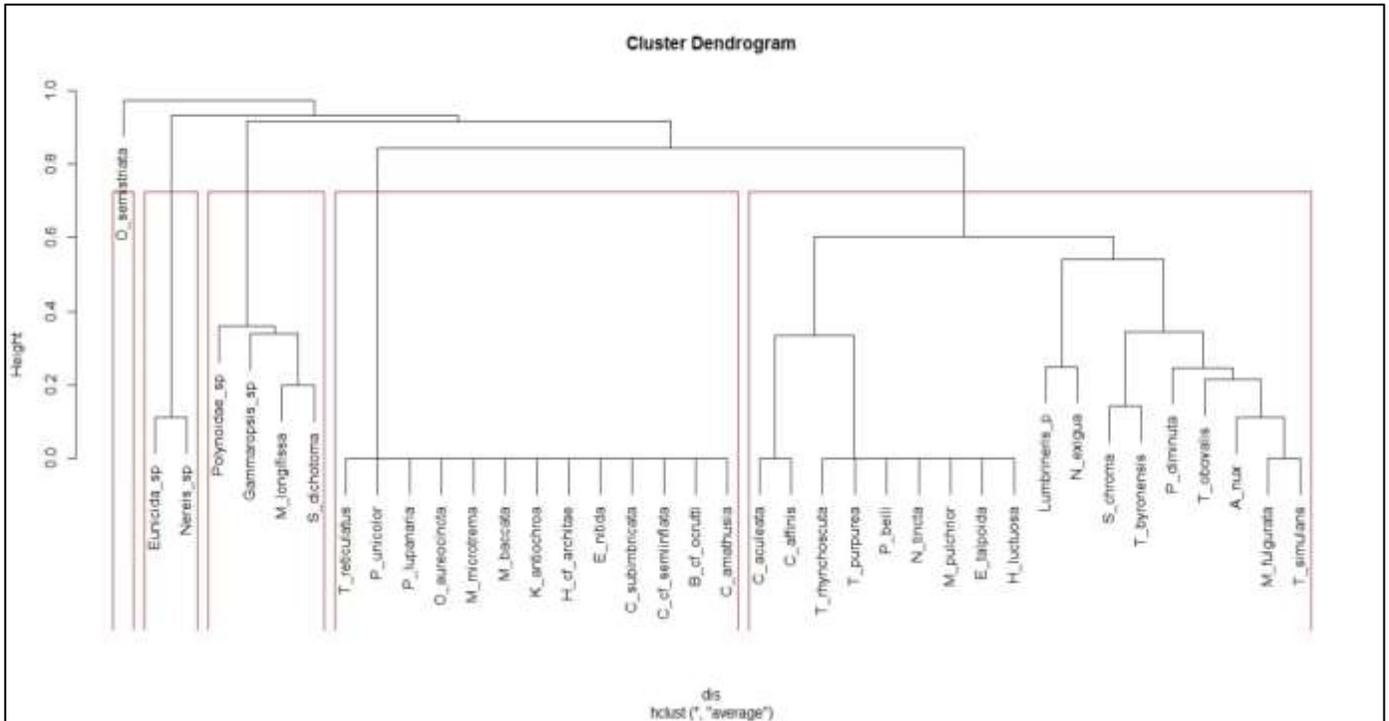


Figura 17: Dendrograma de distribución de especies en todos los sitios durante la época seca – Playa Pochomil.

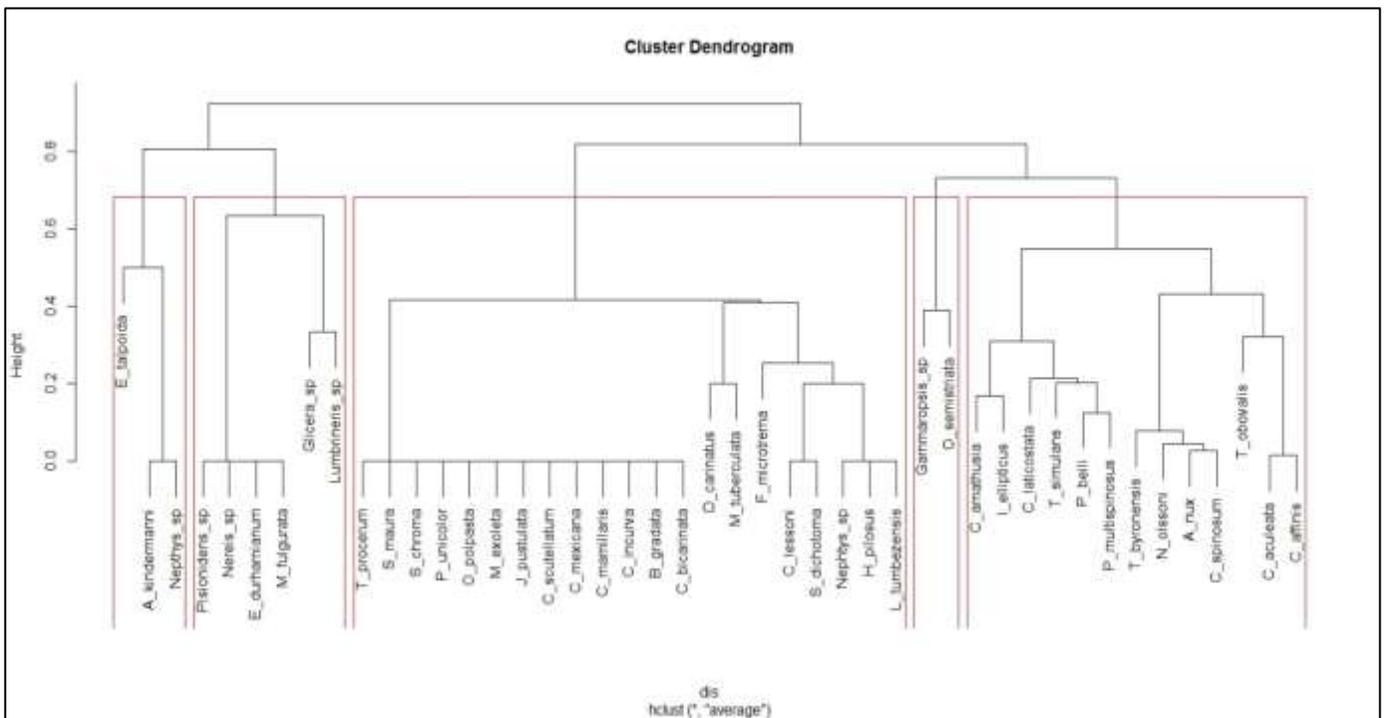


Figura 18: Dendrograma de distribución de especies en todos los sitios durante la época lluviosa – Playa Pochomil.

Al realizar la modelación de la distribución de los individuos de macrofauna bentónica encontrados en las diferentes épocas y sitios de muestreo en la zona intermareal de la Playa Pochomil, se encontró una tendencia en los patrones de distribución espacial de los individuos y no así con los patrones de distribución temporal. El modelo permitió reconocer la tendencia decreciente de la densidad de individuos a medida que se acercaban hacia sitios que proporcionaban un ambiente desprotegido, este comportamiento fue similar en ambas épocas (Figura 19).

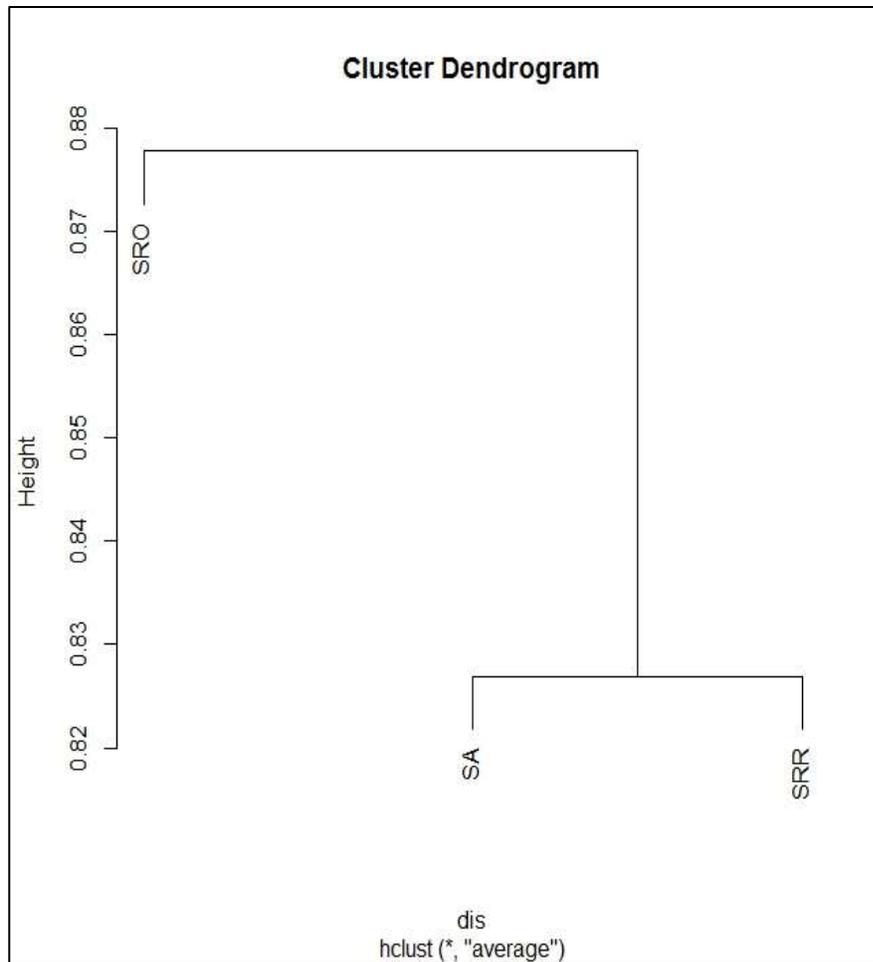


Figura 19: Dendrograma de similitudes entre sitios de muestreo – Playa Pochomil.

Los valores de la distribución de densidad total, durante la época seca los valores rondaron los 130 ind.m⁻², convirtiéndola así en la época con la menor densidad de macrofauna bentónica. Los sitios S.R.R y S.R concentraron los valores más altos de densidad (130 ind.m⁻² ± 100 ind.m⁻²) mientras que S.A tuvo los valores más bajos (90 ind.m⁻² ± 20 ind.m⁻²). En el caso de la época lluviosa la densidad total aumentó 310 ind.m⁻² en el sitio S.R para posteriormente, reducirse gradualmente (180 ind.m⁻² ± 110 ind.m⁻²) hacia la zona intermareal más desprotegida (S.A, 90 ind.m⁻² ± 30 ind.m⁻²) (Figura 20 a-b)

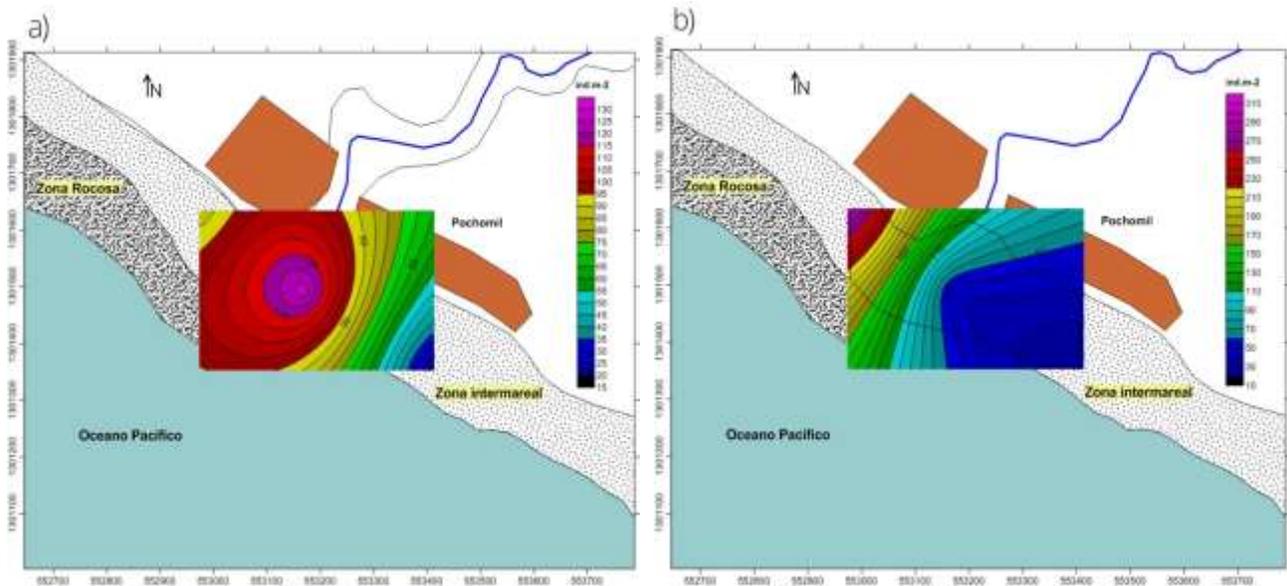


Figura 20: Distribución del densidad total de macrofauna bentónica de sustratos blandos de la zona intermareal – Playa Pochomil. a) Época seca b) Época lluviosa.

En el Phylum Mollusca (Clase Bivalvia y Clase Gasteropoda), las densidades de individuos en ambas épocas estuvieron concentradas en los sitios S.R.R (130 ind.m⁻²) y S.R (300 ind.m⁻²), donde la playa presentaba condiciones físicas similares (sistema rocoso como barrera protectora). Durante la época seca es notable que este grupo taxonómico prefirió distribuirse en la zona donde existía aporte de agua dulce, probablemente como medida de supervivencia ante la desecación durante la marea baja, lo cual deja en evidencia la capacidad de adaptación que estos organismos poseen en ambientes con condiciones de extrema variabilidad (ver Figura 21 a-b; ver Anexo 10).

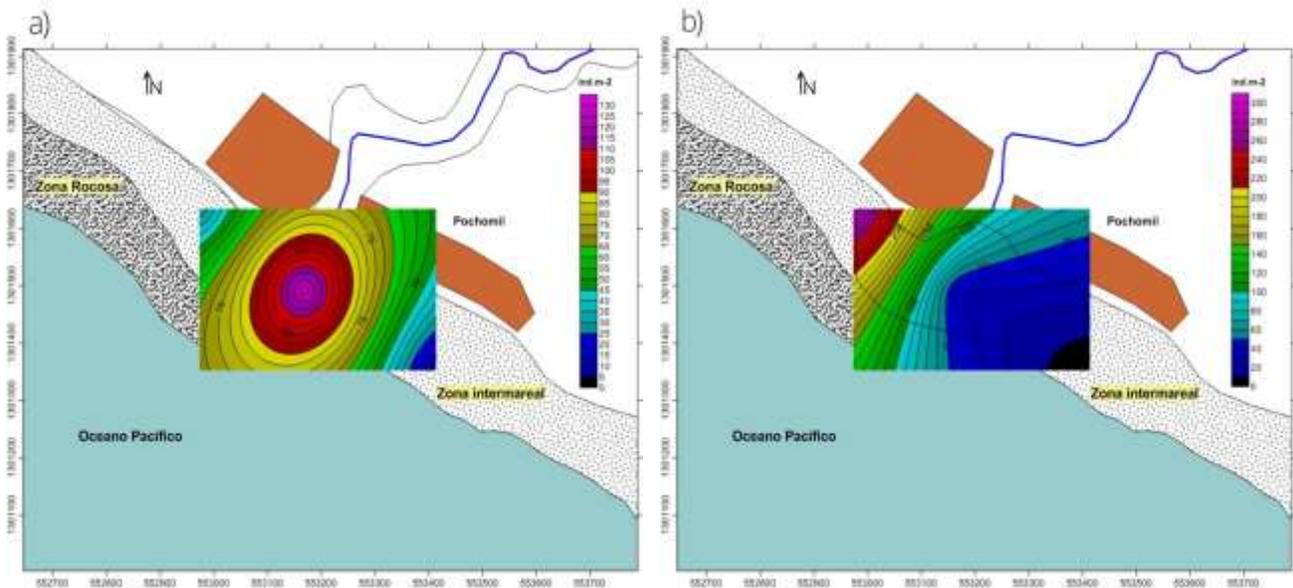


Figura 21: Distribución del Phylum Mollusca en la zona intermareal – Playa Pochomil. a) Época seca b) Época lluviosa.

El Phylum Annelida (Clase Polychaeta), durante la época seca la densidad máxima (60 ind.m⁻²) se concentró en los sitio sin intrusión de agua dulce y mayor área de protección (S.R), disminuyendo gradualmente hacia las zonas desprotegidas (0 ind.m⁻² ± 4 ind.m⁻²) (ver Figura 22; ver Anexo 10). Según Escrivá (2013) los gusanos poliquetos pueden ser la macrofauna dominante en arenas relativamente protegidas y a medida que aumenta el hidrodinamismo y el sedimento se vuelve más grueso tienden a desaparecer. Por el contrario se comprobó que la distribución de los individuos durante la época lluviosa presentó un decremento (9.5 ind.m⁻² ± 2 ind.m⁻²) a medida que se acercaban a zonas protegida por el sistema rocoso. Esta diferencia en el comportamiento de distribución espacio-temporales podrían ser causados por la capacidad de adaptación de las especies. Durante la época seca las especies encontradas fueron únicamente *Nereis sp.* y un individuo de la Familia *Polynoidae*, mientras que en la época lluviosa se encontraron *Lumbrineris sp.*, *Glycera sp.*, *Nereis sp.* y *Pisionidens sp.*

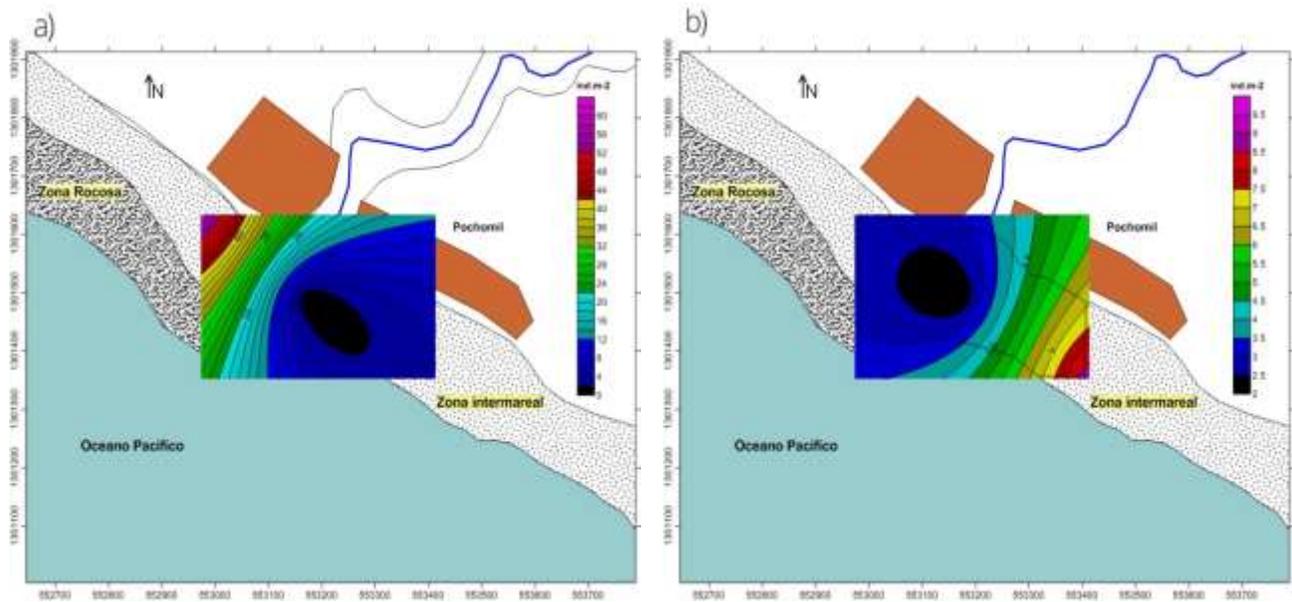


Figura 22: Distribución del Phylum Annelida en la zona intermareal – Playa Pochomil. a) Época seca b) Época lluviosa.

La distribución del Phylum Arthropoda (Subphylum Crustacea) (ver Figura 23) estuvo caracterizada durante la época seca por poseer la mayor concentración en el sitio S.A (5 ind.-m-2), cuyas características físicas principales son el sometimiento a la acción directa de las olas y desecación durante la marea baja producto de la exposición prolongada a los rayos solares. En el caso de la época lluviosa las mayores densidades estuvieron en el sitio S.R.R (10 ind.m-2) y disminuyó hacia los sitios S. R y S.A (7 ind.m-2 ± 0 ind.m-2).

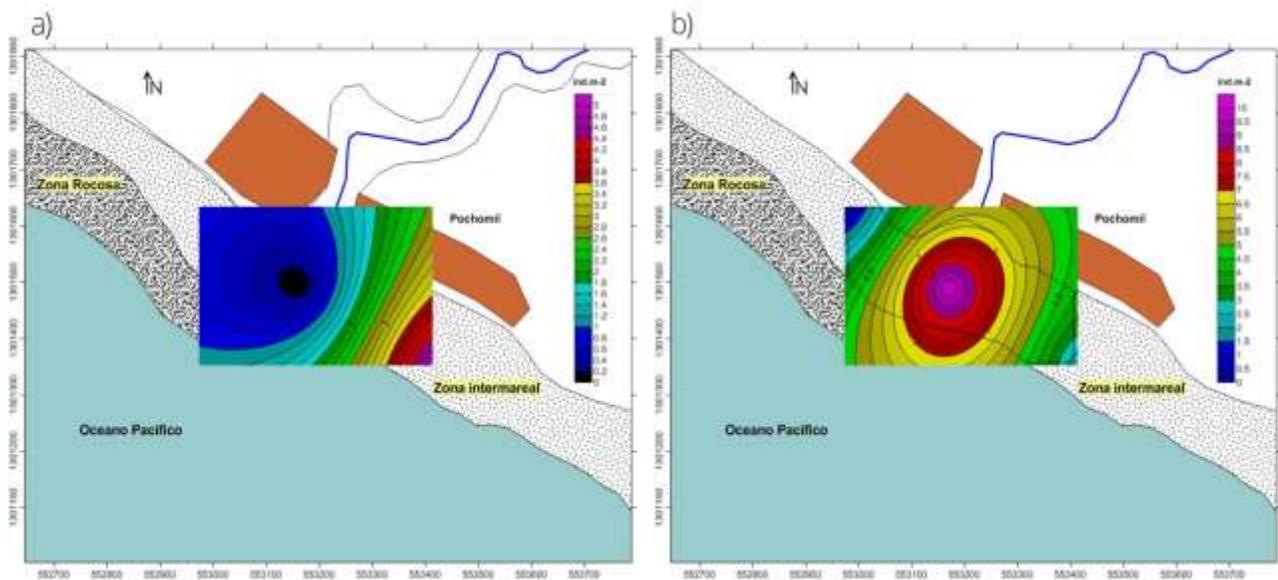


Figura 23: Distribución del Phylum Arthropoda en la zona intermareal – Playa Pochomil. a) Época seca b) Época lluviosa

Finalmente, el Phylum Echinodermata presentó la menor de las densidades de todos los grupos taxonómicos, con apenas 3 ind.m-2 y únicamente tuvo presencia en la época seca y exclusivamente en el sitio arenoso (S.A) (ver Figura 24).

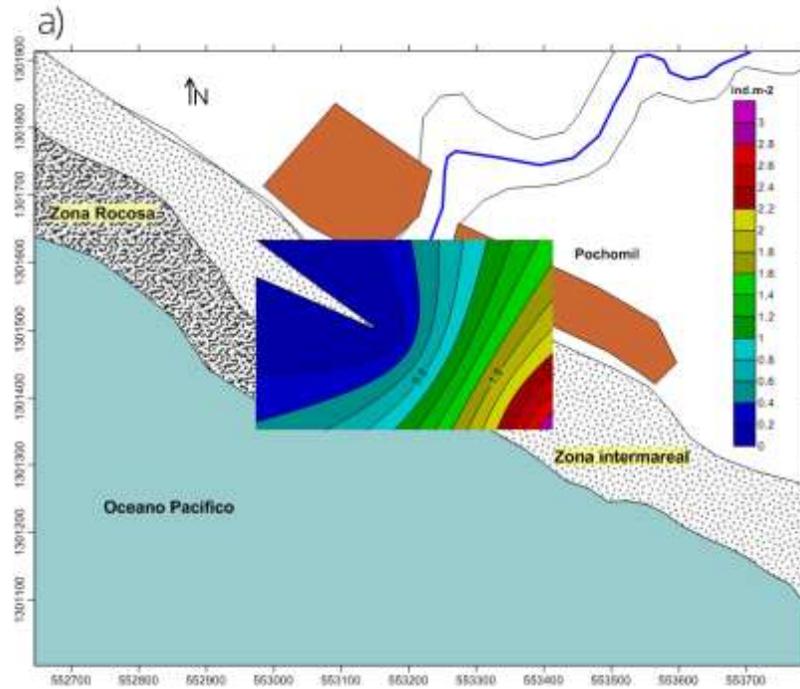


Figura 24: Distribución del Phylum Echinodermata en la zona intermareal – Playa Pochomil. a) Época seca

VIII. Conclusiones

1. Se contabilizaron 596 individuos de macrofauna bentónica de sustratos blandos distribuidos en cuatro Phylum (Mollusca, Annelida, Arthropoda y Echinodermata). La diversidad de macrofauna bentónica de sustratos blandos calculada mediante el índice de Shannon-Weaver, refleja valores de diversidad muy bajos tanto para la época seca ($1.16 \text{ bits/ind} \pm 2.18 \text{ bits/ind}$) como para la época lluviosa ($2.22 \text{ bits/ind} \pm 2.72 \text{ bits/ind}$).
2. Las variables físicas del agua de mar (temperatura, salinidad y conductividad) mantuvieron valores similares durante la época seca y época lluviosa en los tres sitios de muestreo. En el caso de las variables químicas el pH, el Oxígeno disuelto y el porcentaje de saturación de Oxígeno presentaron valores ligeramente más altos durante la época lluviosa en comparación a la época seca en los tres sitios de muestreo. La DBO₅ y la DQO tuvieron un incremento significativo durante la época lluviosa en los tres sitios de muestreo, registrándose la diferencia más alta en S.A para ambas variables.
3. La distribución de la macrofauna bentónica de sustratos blandos presentó un comportamiento heterogéneo espacialmente y temporalmente. Sin embargo, mediante el GLMM se evidenció que la temporalidad no tuvo efecto directo significativo sobre la abundancia y distribución de los individuos, sino que fueron las características físicas de los sitios de muestreo las que tuvieron influencia directa sobre la distribución y abundancia de la macrofauna bentónica de sustratos blandos en la zona intermareal de la Playa Pochomil. Mediante el índice de Jaccard (cualitativo) y Morisita-Horn (cuantitativo), se evidenció que los sitios presentaron baja similitud de especies.

IX. Recomendaciones

- Al Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales (MARENA), investigar el efecto que tienen las actividades antrópicas (manejo de residuos sólidos, urbanización, recreación, entre otras) sobre la comunidad de macrofauna bentónica de sustratos blandos en la zona intermareal de la Playa Pochomil, mismo que permitirá elaborar medidas de conservación y protección para dicha comunidad.
- Al Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales (MARENA), realizar una comparación entre playas del Pacífico, o entre playas del Pacífico y Caribe nicaragüense tomando como referencia los objetivos planteados en el presente documento para conocer cuál es el comportamiento de la diversidad y abundancia de la macrofauna bentónica de sustratos blandos y/o rocosos, en las zonas intermareales de dichos sitios.
- Al Departamento de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua (UNAN-Managua), realizar investigaciones que permitan evaluar el comportamiento espacial y temporal de la diversidad de macrofauna bentónica no solamente de sustratos blandos sino también de fondos blandos, para conocer los cambios que ocurren en esta comunidad a medida que aumenta la profundidad en la Playa Pochomil.

X. Referencias bibliográficas

- Álvarez, S. y Pérez, L. (2007). Evaluación de la calidad de agua mediante la utilización de macroinvertebrados acuáticos en la subcuenca de Yeguaré, Honduras. Retomado de: <http://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/524/1/T2516.pdf>
- Badii, M.H, Landeros, J., Foroughbakhch, R. y Abreu, J.L. (2007) Biodiversidad, evolución, extinción y sustentabilidad (Biodiversity, evolution, extinction and sustainability) Badii, MH, J. Landeros, R. Foroughbakhch y JL Abreu. Retomado de: <http://www.spentamexico.org/v2-n2/2%282%29%20229-247.pdf>
- Bates, D., Bolker, B., Mächler, M. y Walker, S. (2015) Fitting Linear Mixed-Effects Models Using lme4. *Journal of Statistical Software*. Volume 67, Issue 1. Retomado de: <https://www.jstatsoft.org/article/view/.../v67i01.pdf>
- Baqueiro-Cárdenas, E., Borabe, L., Goldaracena-Islas, C. y Rodríguez-Navarro, J. (2007) Los moluscos y la contaminación. Una revisión. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 78: 1S-7S. México DF. Retomado de: www.scielo.org.mx/pdf/rmbiodiv/v78soct/v78socta1.pdf
- Borrero-Pérez, G.H, Benavides-Serrato, M. y Díaz-Sánchez, C.M (2012) Equinodermos del Caribe colombiano II: Echinoidea y Holothuroidea. Serie de Publicaciones Especiales de Invemar No. 30. Santa Marta, 250 p. Versión PDF.
- Breedy, O. y Murillo, M. (1995) Isópodos (Crustacea: Peracarida) de un arrecife del Caribe de Costa Rica. Centro de Investigaciones en Ciencias del Mar y Limnología de la Universidad de Costa Rica (UCR). *Biología Tropical* Vol. 43(1-3): 219-229. San José, Costa Rica.
- Brusca, R. (1973) A Handbook to the Common Invertebrates of the Gulf of California. The University of Arizona Press: 427.
- Campos, N. (2003). Los isópodos marinos (Crustacea: Peracarida) del Caribe colombiano. *Biota Colombiana* 4 (1) Pp. 79-87. Santa Marta, Colombia.
- Cánepa, L. (2004). Capítulo 1: Aspectos fisicoquímicos de la calidad del agua. En Tratamiento de agua para consumo humano. Plantas de filtración rápida. Manual I: Teoría. Lima, Perú. Retomado de: <https://es.scribd.com/doc/158734663/Tratamiento-de-Agua-Para-Consumo-Humano-Manual-I>
- Carrasco, F. (1997). Organismos del bentos marino sublitoral: algunos aspectos sobre abundancia y distribución en *Biología Marina y Oceanografía: Conceptos y Procesos* Tomo I Autor: Camilo Werlinger I. Pp. 315-332. Retomado de: <http://biblio3.url.edu.gt/Publi/Libros/2013/BioMarina/11.pdf>

- Casas, J., del Pozo Manrique, M. y Mesa, B. (2006). Las comunidades marinas en Identificación de las áreas naturales compatibles con la figura de "Parque Nacional" en España. Organismo Autónomo Parques Nacionales. Edición: Naturaleza y Parques Nacionales, Serie Técnica. Ministerio de Medio Ambiente, Madrid, Editors, pp.137-194. Retomado de http://www.magrama.gob.es/es/parques-nacionales-oapn/publicaciones/edit_libro_03_06_tcm7-46038.pdf
- Corgos, A., Godínez-Domínguez, E., Flores-Ortega, J.R., Rojo-Vázquez, J. (2014) Comunidades de fondos blandos submareales de la bahía de Navidad (Jalisco, México): spatial and seasonal patterns. *Revista Mexicana de Biodiversidad* Vol. 85 No. 4. Diciembre. Versión online. Retomado de: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1870-34532014000500018&script=sci_arttext
- Cubillos, A. (1996). Capitulo II: Calidad de las aguas naturales (pp. 29, 34-36). En Criterios para la clasificación legal y control de la calidad de las aguas. Centro Interamericano de Desarrollo e Investigación Ambiental y Territorial. (C.I.D.I.A.T). Mérida, Venezuela.
- Cruz, M. (2013) Especies de Moluscos submareales e intermareales y macrofauna bentónica de la Bahía de Manta, Ecuador. *Acta Oceanográfica del Pacífico* Vol. 18 N° 1. Versión PDF.
- Escrivá, P.J. (2013) Distribución y abundancia de macrofauna bentónica del infralitoral somero. Universidad Politécnica de Valencia. Gandia, España. Pp. 13-19. Retomado de: <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/32845/Memoria.pdf>
- FAO (1995). Guía para la identificación de especies para los fines de la pesca. Pacífico Centro-Oriental Volumen I. Organización de Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma, Italia.
- Fernández, J., Jiménez, M. y Allen, T. (2014) Diversidad, abundancia y distribución de la macrofauna bentónica de las costas rocosas al norte del Estado de Sucre, Venezuela. *Biología Tropical* Vol. 62 (3): 947-956. Septiembre. Versión PDF.
- Fuentes, F. y Massol-Deyá, A. (2002) Manual de laboratorios: Ecología de microorganismos. Parte III: Nutrientes y Gases: Gases Disueltos Universidad de Puerto Rico. Retomado de: <http://www.uprm.edu/biology/profs/massol/manual/p3-gasdisueltos.pdf>
- Fuentes, F. y Massol-Deyá, A. (2002) Manual de laboratorios: Ecología de microorganismos. Parte III: Nutrientes y Gases: Silica. Universidad de Puerto Rico. Retomado de: <http://www.uprm.edu/biology/profs/massol/manual/p3-silica.pdf>

Gage, J.D. (2001). Macrobenthos en Encyclopedia of Ocean Science. Volume 3. Pp. 1505-1515. Scottish Association for Marine Science, Oban, United Kingdom.

Retomado de:

<https://books.google.com.ni/books?id=kkRKJCOFvXMC&pg=PA165&lpg=PA165&dq=The+macrobenthos+is+a+size-based+category+that+is+the+most+taxonomically+diverse+section+of+the+benthos.+Only+in+shallow+water+does+the+macrobenthos+include&source=bl&ots=HWTC0YN4xh&sig=Ybe-OMQNPOhAiziYLnolLqmsR0&hl=es-419&sa=X&ei=si3pVIneGcOeqwSCiYL4Bw&ved=0CBwQ6AEwAA#v=onepage&q=The%20macrobenthos%20is%20a%20size-based%20category%20that%20is%20the%20most%20taxonomically%20diverse%20section%20of%20the%20benthos.%20Only%20in%20shallow%20water%20does%20the%20macrobenthos%20include&f=false>

García-Madrigal, M. (2007). Clave ilustrada para las familias de anfípodos gamáridos (Peracarida: Amphipoda) litorales del Pacífico oriental tropical y glosario de términos. Ciencia y Mar XI (32) Pp. 4-5.

Golden Software® (2016). Retomado de: <http://www.goldensoftware.com/products/surfer>

Gómez, M. (2000). Manual de Prácticas de Zoología Marina. Universidad de Las Palmas de Gran Canarias, España. Retomado de: http://www.academia.edu/4278927/manual_de_prc3a1cticas_de_zoologc3ada_marina

Guevara-Fletcher, C., Cantera, J., Mejía-Ladino, L. y Cortés, F. (2011). Benthic Macrofauna Associated with Submerged Bottoms of a Tectonic Estuary in Tropical Eastern Pacific. *Journal of Marine Biology* Volume 2011 (2011), Article ID 193759. Retomado de: <http://www.hindawi.com/journals/jmb/2011/193759/>

Gutiérrez-Báez, C., Ortiz-Díaz, J., Flores-Guido, J., Zamora-Crescencio, P. (2012) Diversidad, estructura y composición de las especies leñosas de la selva mediana subcaducifolia del punto de unión territorial (PUT) de Yucatán, México. *Polibotánica* No. 33. Pp. 156. Departamento de Botánica. Distrito Federal, México. Retomado de: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=62124396010>

Gray, J. (1981). The Ecology of Marine Sediments: An introduction to the Structure and Function of benthic communities. Cambridge Studies in Modern Biology 2. Cambridge University Press, USA. Pp. 12. Retomado de: <https://books.google.com.ni/books?hl=es&lr=&id=sm85AAAAIAAJ&oi=fnd&pg=PR111&dq=gray+the+ecology+of+marine+sediments&ots=niSKeoq9rZ&sig=DquVD5WFxu8MlaYgmSGPI7mjuxM#v=onepage&q=gray%20the%20ecology%20of%20marine%20sediments&f=false>

Hammer, Ø., Harper, D. y Ryan, P.D. (2015). PAST – Palaeontological STatistics, Version 3.11. Retomado de: folk.uio.no/ohammer/past/past3manual.pdf

Hendrickx, M. (2012). Crustáceos decápodos (Arthropoda: Crustacea: Decapoda) de aguas profundas del Pacífico mexicano: lista de especies y material recolectado durante el proyecto TALUD en Biodiversidad y comunidades del talud continental del Pacífico mexicano. Pp. 283.

Instituto Nicaragüense de Fomento Municipal (n.d). Ficha Técnica Municipal de San Rafael del Sur, Departamento de Mangua. Retomado de: www.inifom.gob.ni/municipios/.../managua/san_rafael_del_sur.pdf

Keen, A. y McLean, J. (1971). Sea Shells of Tropical West America: Marine Mollusks from Baja California to Peru. 2nd Edition. Standford University Press.

Koleff, P., Soberón J., Arita, H., Dávila, P., Flores-Villela, O., Golubov, J., Halfter, G., Lira-Noriega, A., Moreno, C., Moreno, E., Munguía, M., Munguia M., Navarro-Sigüenza, A., Téllez, O., Ochoa-Ochoa, L., Townsend, A., Rodríguez, P. (2008). Capítulo XII: Patrones de diversidad espacial en grupos selectos de especies, en Capital Natural de México, vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad. Conabio, México, pp. 323-324. Retomado de: http://www.biodiversidad.gob.mx/pais/pdf/CapNatMex/Vol%20I/I05_Losecosistemasmamar.pdf

Lara-Lara, J., Arenas, V, Bazán, C., Díaz, E., de la Cruz, M., Gaxiola, G., Robles, G., Sosa, R., Soto, L., Tapia, M. y Valdez-Holguín, J. (2008). Capítulo V: Los ecosistemas marinos. Los ecosistemas marinos, en Capital Natural de México, vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad. Conabio, México, pp. 135-159. Retomado de: http://www.biodiversidad.gob.mx/pais/pdf/CapNatMex/Vol%20I/I05_Losecosistemasmamar.pdf

Liñero, I. y Díaz, O. (2011). Poliquetos de Venezuela I: Aspectos biológicos y Ecológicos. Universidad de Oriente. Pp. 63-81.

López, A. y Urcuyo, J. (2009). Moluscos de Nicaragua I: Bivalvos. Centro de Malacología. Universidad Centroamericana. MARENA-ARAUCARIA-AECID. Pp. 10-17.

López, A. y Urcuyo, J. (2009). Moluscos de Nicaragua II: Gastrópodos. Centro de Malacología. Universidad Centroamericana. MARENA-ARAUCARIA-AECID. Pp. 16-18.

Magurran, A. (2004). Measuring Biological Diversity. Pp. Retomado de: http://www2.ib.unicamp.br/profs/thomas/NE002_2011/maio10/Magurran%202004%20c2-4.pdf

Méndez, N., Sous-Weiss, V. y Carranza-Edwards, A. (1985) La importancia de la granulometría en la distribución de organismos bentónicos. Estudio de playas del Estado de Veracruz, México. Anales del Centro de Ciencias del Mar y Limnología. Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Retomado de <http://biblioweb.tic.unam.mx/cienciasdelmar/instituto/1986-3/articulo240.html>

Molina, O.A, y Vargas, J.A. (1994) Poliquetos (Annelida: Polychaeta) del estero de Jaltepeque, El Salvador una comparación 1959-1991. *Biología Tropical*, 43(1-3);

195-205; 1995. Retomado de:
http://www.ots.ac.cr/rbt/attachments/volumes/vol43-1/19_Molina_Poliquetos.pdf

Monserate, L., Medina, J. y Calle, P. (2011). Estudio de condiciones físicas, químicas y biológicas en la zona intermareal de dos sectores del Estero Salado con diferente desarrollo urbano. Guayaquil, Ecuador. Retomado de:
<https://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/19123>

Moreno, A. *et al.* (2012) Estudio y diversidad de los Artrópodos Crustáceos. Prácticas de Zoología. Reduca (Biología) Serie Zoología 5 (3). Pp. 23-24.

Moreno, C.E. (2001) Métodos para medir la biodiversidad. M&T-Manuales y Tesis SEA, vol. I. Zaragoza. 84 pp. Retomado de:
<http://entomologia.rediris.es/sea/manytes/metodos.pdf>

Oksanen, J. (2015). Multivariate Analysis of Ecological Communities in R: vegan tutorial. Retomado de: cc.oulu.fi/~jarioksa/opetus/metodi/vegantutor.pdf

Ortiz, M., Scheinvar, E., Winfield, I., Cházaro, S. y Lozano, M. (2013). Composición taxonómica y distribución de los cumáceos (Crustácea: Peracarida: Cumacea) en los sistemas arrecifales Tuxpan-Lobos, Veracruzano y Sisal, México. Conocimiento de los Recursos Costeros del Sureste de México. Pp. 87. Universidad Autónoma de Yucatán, Mérida, México.

Pech, D. y Ardisson, L. (2010) Biodiversidad y Desarrollo Humano en Yucatán. Ecosistemas y comunidades. Comunidades acuáticas: Diversidad en el bentos marino-costero. Versión PDF. Pp. 145.

Pita, A. (2012) Bioquímica de la materia orgánica y estado trófico de los sedimentos en ambientes estuarinos de la costa uruguaya. Facultad de Ciencias. Universidad de la República. Montevideo Uruguay. Versión PDF.

Pliscoff, P. y Fuentes-Castillo, T. (2011). Modelación de la distribución de especies y ecosistemas en el tiempo y el espacio: una revisión de las nuevas herramientas y enfoques disponibles. *Geografía Norte Grande* No. 48. Pp. 61-79. Retomado de:
http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-34022011000100005

R Development core Team (2015). R: The R Project for Statistical Computing. Retomado de: <https://www.r-project.org/>

Rodríguez, J.J. y Windevoxhel, N. (1993). Análisis regional de la situación de la zona costera centroamericana. Banco Interamericano de Desarrollo (BID). Washington D.C. Versión PDF. Retomado de:
<http://publications.iadb.org/handle/11319/4666?locale-attribute=es>

- Rojas, R. y Vargas, J. (2008). Abundancia, biomasa y relaciones sedimentarias de *Americanuphis reesei* (Polychaeta: Onuphidae) en el Golfo de Nicoya, Costa Rica. *Biología Tropical* Vol. 56. Pp. 59-82, Diciembre 2008. Retomado de: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=44919934007>
- Roldán, G. y Ramírez, J. (2008). Fundamentos de Limnología neotropical. Capítulo II: Ecosistemas acuáticos: Gases disueltos en el agua. Editorial Universidad de Antioquia. Pp. 186. Retomado de: https://books.google.com.ni/books?id=FA5Jr7pXF1UC&pg=PA185&lpg=PA185&dq=porcentaje+de+saturacion+de+oxigeno+en+el+agua&source=bl&ots=h-Uv0iW_10&sig=jLz-1w5f85pEH8nujzdRx5cWg8c&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwi2lcHky6rLAhWLPB4KHVNeBVsQ6AEITjAL#v=onepage&q=porcentaje%20de%20saturacion%20de%20oxigeno%20en%20el%20agua&f=false
- Romero, R.J. (1999). Calidad del agua. Segunda Edición. Editorial escuela colombiana de ingeniería.
- Rozbaczylo, N. y Moreno, R. (2008). Biodiversidad de Chile, Patrimonio y desafíos. Biodiversidad de Chile, Patrimonio y desafíos. Diversidad de especies: Invertebrados marinos. Polychaeta. Pp. 174-199. Retomado de: http://www.mma.gob.cl/librobiodiversidad/1308/biodiversid_parte_1a.pdf
- Salazar-Vallejo, S.I. (1989). Poliquetos (Annelida. Polychaeta) de México. Universidad Autónoma de Baja California Sur. Libros Universitarios. Pp. 75-105
- Severiche, C., Castillo, M. y Acevedo, L. (2013) Manual de Métodos analíticos para la determinación de parámetros físico-químicos básicos en agua. Retomado de: <http://www.eumed.net/libros-gratis/2013a/1326/1326.pdf>
- Shannon, C.E. y Weaver, W. (1949). The Mathematical Theory of Communication. University Illinois Press, Urbana, IL. Pp. 53. Versión PDF.
- Sielfeld, W. (2008). Biodiversidad de Chile, Patrimonio y desafíos. Diversidad de especies: Invertebrados marinos. Pp. 174-199. Retomado de: http://www.mma.gob.cl/librobiodiversidad/1308/biodiversid_parte_1a.pdf
- Simpson, E.H. (1949). Measurement of Diversity. *Nature*, 163: 688. Versión PDF.
- Tait, R.V. (1971). Elementos de ecología marina. Editorial Acribia, Zaragoza, España. Versión PDF.
- Tarazona, J., Paredes, C. y Igrada, M. (1986). Estructura del macrobentos en las playas arenosas de la zona de Lima, Perú. Instituto de Investigaciones de Ciencias Biológicas Antonio Raimondi, Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad

Nacional Mayor de San Marcos. Revista de Ciencias U.N.M.S.M. Vol. 74, No. 1
Pp 102-116. Retomado de:
http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/publicaciones/rev_ciencias/v74_n1/a1_1.pdf

UNEP (1992). Convention on Biological Diversity. United Nations Environmental Program, Environmental Law and Institutions Program Activity Centre. Nairobi.
Retomado de: <https://www.cbd.int/convention/articles/default.shtml?a=cbd-02>

Vega, M. (1971). Introducción a la ecología del bentos marino. Departamento de Pesquería. Universidad Nacional Agraria, Perú.

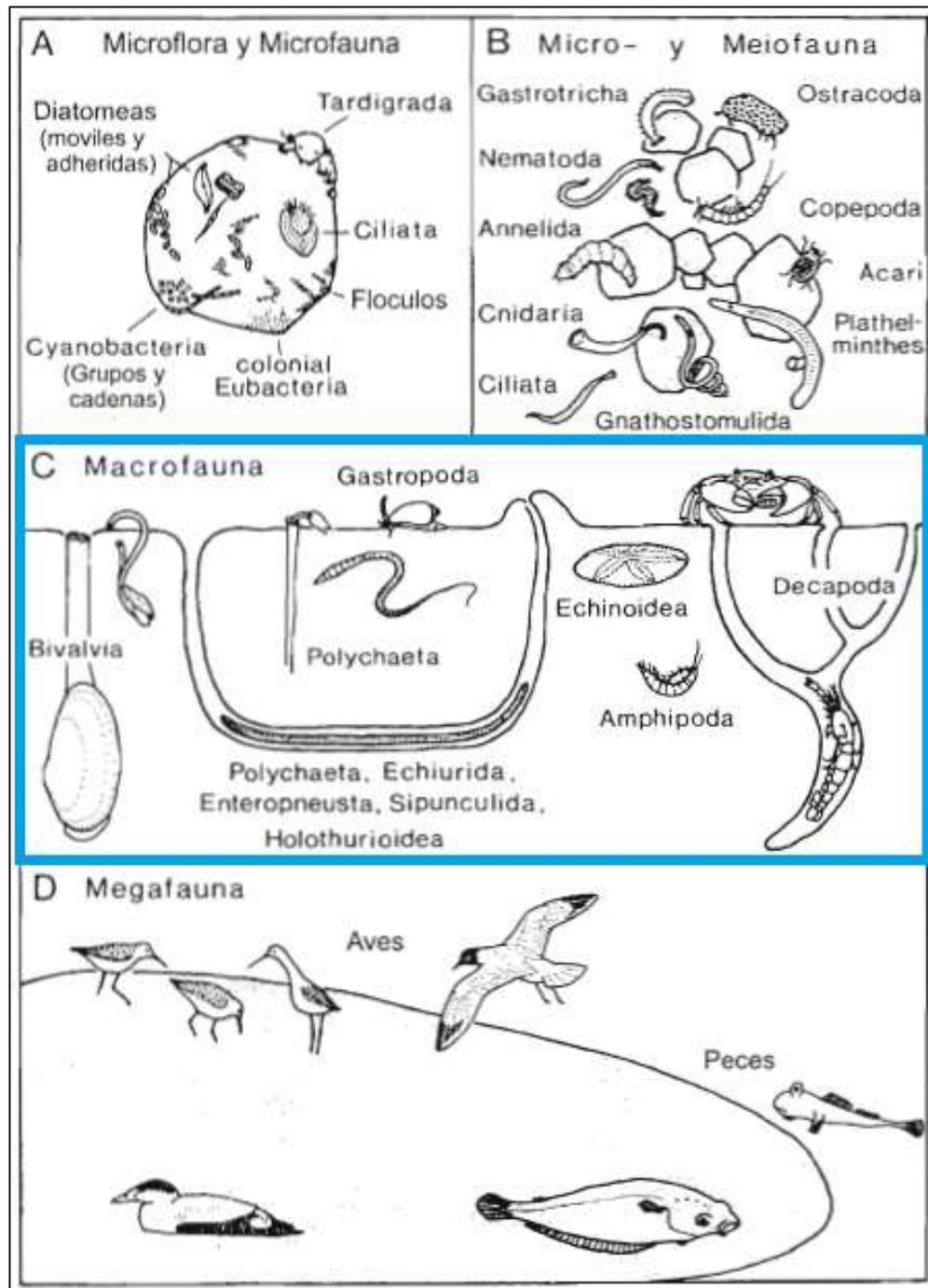
Veiga, P. (2008). La meiofauna intermareal de sustratos blandos de La Ría do Barqueiro (Galiza). Universidades de Santiago de Compostela, Galicia, España.
Retomado de: <http://dspace.usc.es/handle/10347/2494>

Villalaz, J., Vega, C., Ávila, Y. y Gómez, J. (2002). Análisis temporal de macroinvertebrados bentónicos en playa El Agallito, Chitré. *Tecnociencia* 2002, Vol. 4, No. 2. Departamento de Biología Marina y Limnología. Universidad de Panamá.
Retomado de: http://www.up.ac.pa/ftp/2010/f_ciencias/tecnociencias/volumen4-2/articulo10.pdf

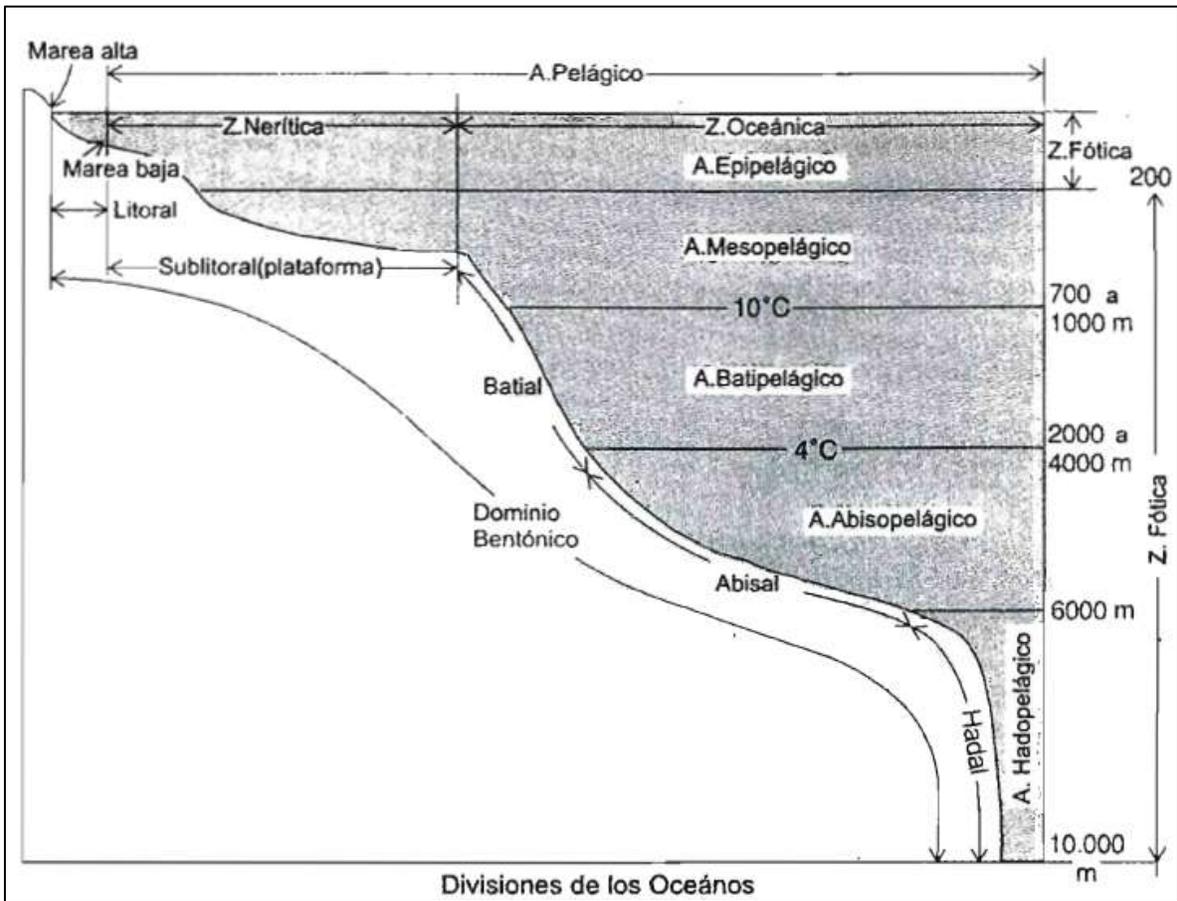
Villamar (2013). Estudio de los poliquetos (gusanos marinos) en la zona intermareal y submareal de la Bahía de Manta (Ecuador), y su relación con algunos factores ambientales, durante marzo y agosto del 2011. *Acta Oceanográfica del Pacífico* Vol. 18 No. 1.
Retomado de: www.inocar.mil.ec/web/phocadownloadpap/actas.../OCE1801_11.pdf

Ville, C., Solomon, E., Berg, L. y Martin, D. (1998). Biología IV Edición. Parte V: Diversidad de la vida. Capítulo 29: Reino Animalia: protóstomos celomados. Pp. 623-625. McGraw-Hill Interamericana.

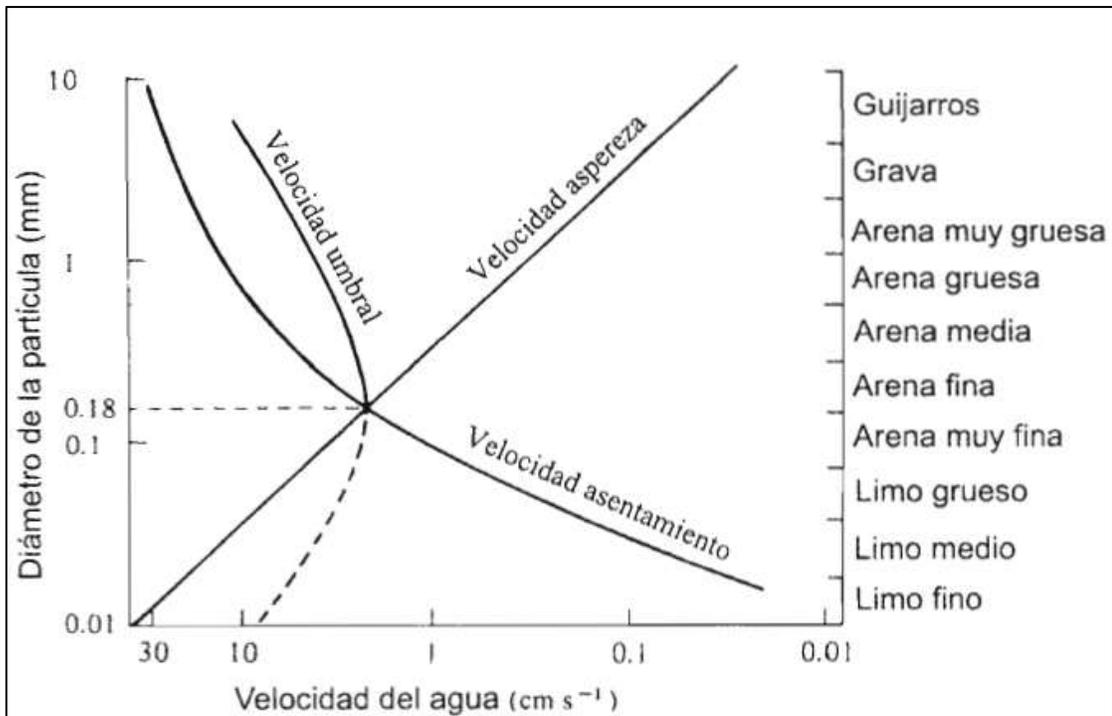
XI. Anexos



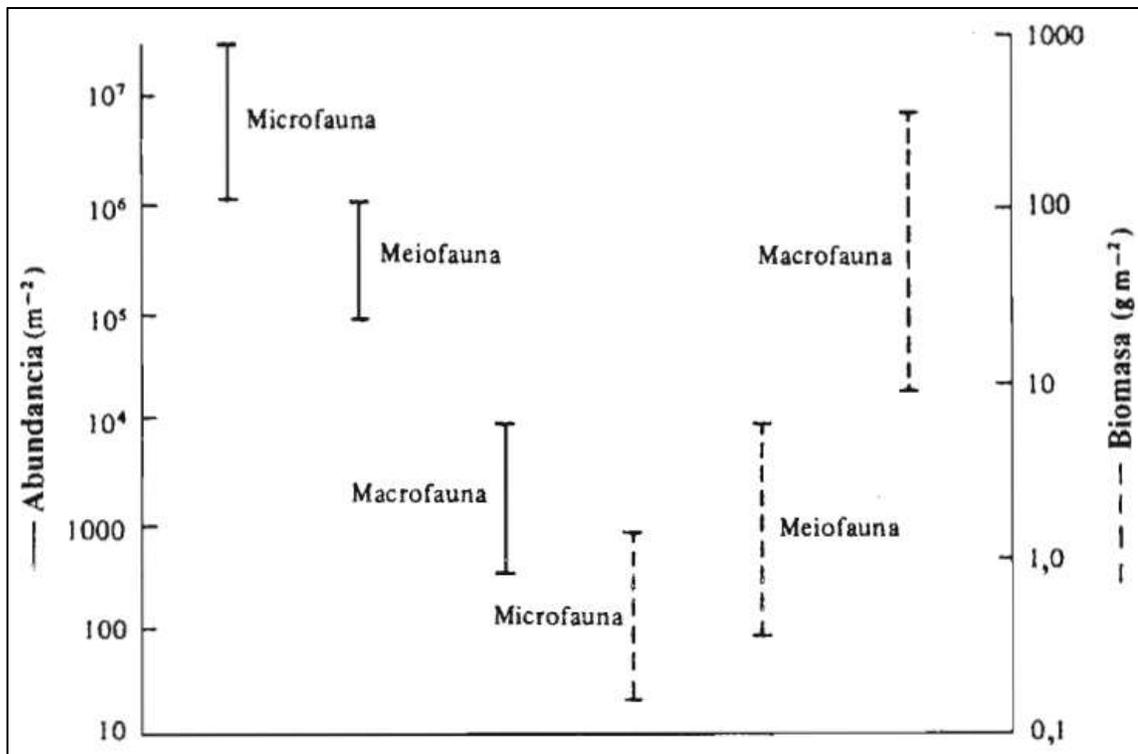
Anexo 1. Organismos representativos del bentos marino. A. Formas asociadas a los granos de sedimento (microfauna). B. Organismos que viven entre los granos del sedimento (meiofauna). **C. Formas vivas que sobre e inmersos en el sedimento (macrofauna).** D. Organismos de talla mayor asociados al sedimento del fondo marino (megafauna) Modificada de Reise, 1985 citado por Carrasco (1997).



Anexo 2. División de los océanos (Modificado de Hedgpeth, 1957 y Nybakken, 1997 citado por Carrasco, 1997).



Anexo 3. Relación entre el tamaño de la partícula y la velocidad de la corriente para factores que afectan la distribución del tamaño del grano. Modificado de Gray, 1981 citado por Carrasco (1997).



Anexo 4. Rangos de abundancia y biomasa de la micro fauna, meiofauna y macrofauna en sedimentos intermareales arenosos. Modificado de Fenchel, 1978 citado por Carrasco (1997).

Anexo 5:

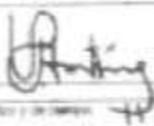
Instrumentos

- Colecta de muestra físico-química de agua de mar:

1 frasco plástico estéril de 1 litro para DBO
1 frasco de vidrio esterilizado de 100 ml para DQO
1 frasco con de reactivo H₂SO₄ (ácido sulfúrico)
1 termo grande con hielo
Kit de campo identificador de parámetros físicos y pH, modelos YSI 550 A y Thermo Orion Estándar A325.
Formato de campo para colecta de muestras del CIRA

- Colecta de individuos bentónicos marinos y muestras granulométricas:

1 marco de plástico de 1 m²
1 cuadrante de aluminio de 30 x 30 cm con 15 cm de alto
1 pala
Bolsas plásticas transparentes tamaño grande
1 termo grande con hielo
Draga Ponar Petit con 231.04 cm² de captura
GPS
Cuaderno de anotaciones de campo
Lapicero y marcador
Tape
Cámara fotográfica
Microscopio
Estereoscopio
Balanza analítica OHAUS precisión de 0.1 mg
Agitador de partículas
Reactivos
Beaker 600 ml
Pipeta Köhn 20.0 ml
Cápsulas de porcelana
Tamices de 0.600 mm, 0.200 mm y 0.063 mm
Cronómetro
Horno
Pinzas
Vidrio reloj
Pipetas con agua + alcohol
Porta y cubre objetos
Frascos de vidrio pequeños
1 laptop DELL Inspiron 3421
Software "R", "Past 3" y "Surfer 9"

	FORMATO DE CAMPO PARA LA COLECTA DE MUESTRA	FOR-CIRA-ATACC-27 Revisión: 2.2
CIRA/UNAN		
CLIENTE: _____		
IDENTIFICACION DE LA MUESTRA: _____		
LUGAR: _____	COMUNIDAD: _____	
MUNICIPIO: _____	DEPARTAMENTO: _____	
ELEVACIÓN _____ m	COORDENADAS N: _____	E: _____
FECHA DE MUESTREO: _____	HORA DE MUESTREO: _____	
ANÁLISIS SOLICITADOS: _____		
Mueque con una X cuando aplique:		
<input type="checkbox"/> Agua Natural	Fuente: Rio, Lago, Mar, PE, PP, Manantial, Lluvia, Grifo, Agua Emvasada, Otras, _____	
<input type="checkbox"/> Agua Residual	Industrial, Tipo de efluente _____, Doméstico, Agua tratada _____	
<input type="checkbox"/> Suelo	De uso agrícola, De uso forestal, De uso pecuario, Natural _____	
<input type="checkbox"/> Sedimento	Marino, Lacustre, Fluvial, Residual _____	
<input type="checkbox"/> Peces	Marino, Agua dulce _____	
<input type="checkbox"/> Fluido biológico	Sangre, Orina, Lucha, Orina, Otras _____	
<input type="checkbox"/> Tejido biológico	Especifique: _____	
<input type="checkbox"/> Alimentos	Procesado, No procesado, Especifique: _____	
<input type="checkbox"/> Ambiente	_____	
Clave: PE: Pozo Escavado PP: Pozo Perforado		
PARÁMETROS DE CAMPO:		
pH: _____ Unidades de pH	Temperatura: _____ °C	Conductividad eléctrica: _____ $\mu S \cdot cm^{-1}$
Salinidad: _____ ‰	Oxígeno Residual: _____ $mg \cdot l^{-1}$	Potencial Redox: _____ mV
Oxígeno Disuelto: _____ $mg \cdot l^{-1}$	Saturación de Oxígeno: _____ %	
TIPO DE MUESTREO:		
Puntual _____	Estratificación _____	No de intervalos _____
Compuento de _____ horas		Integral _____ de _____ a _____ m
Equipo de muestreo utilizado: _____		
Observaciones: _____		
Nombre de la persona que tomó la muestra: _____		
Para Uso de la Unidad Versa de Servicio		Nombre de la persona que verifica esta información:
Fecha de Verificación:		
Para Uso del laboratorio	Inicials analista a Cargo	Código de la muestra en el laboratorio
Revisado y Aprobado por: Eduardo García Jefe Área Muestreo Fecha: 2011-05-18		Analizado por: Victor Manuel Martínez Jefe Área Muestreo, Análisis de Muestras Centro de la Calidad Fecha: 2011-05-17
		
Este formato, sus actualizaciones y sus versiones pueden ser consultados en el Intranet de CIRA/UNAN		

Anexo 6: Ficha de campo para muestras de agua de mar y sustrato del CIRA-UNAN.

Anexo 7: Listado de macrofauna bentónica encontrada durante la época seca – Playa Pochoamil.

Phylum	Clase	Orden	Familia	Genero o Especie	
Annelida	Polychaeta	Phyllodocida	Polynoidae (Kingberg, 1856)	g.n.i	
			Nereididae	<i>Nereis sp.</i> (Linnaeus, 1758)	
		Eunicida	Lumbrineridae	<i>Lumbrineris sp.</i> (Blainville, 1828)	
			Eunicidae	<i>Eunicida sp.</i> (n/d)	
Arthropoda	Malacostraca	Amphipoda	Isaeidae	<i>Gammaropsis sp.</i> (Lilljeborg, 1855)	
	Crustacea	Decapoda	Hippidae	<i>Emerita talpoida</i> (Say, 1817)	
Echinodermata	Echinoidea	Clypeasteroidea	Mellitidae	<i>Mellita longifissa</i> (Michelin, 1858)	
Mollusca	Gastropoda	Neogastropoda	Pseudomelatomidae	<i>Crassispira cf. Semiinflata</i> (n/d)	
		N/D	Architectonicidae	<i>Helicaculus cf. Architaeta</i> (O.G. Costa, 1841)	
		Archaeogastropoda	Haliotidae	<i>Fissurella microtrema</i> (G.B. Sowerby I, 1835)	
		Littorinimorpha	Barleeiidae	<i>Barleeia cf. Ocrutti</i> (n/d)	
			Calyptraeidae	<i>Crepidula aculeata</i> (Gmelin, 1791)	
		Neogastropoda	Columbellidae	<i>Mazatlanina fulgurata</i> (Philippi, 1846)	
				<i>Mitrella baccata</i> (Gaskoin, 1851)	
				<i>Mitrella pulchrior</i> (Adams, 1852)	
				<i>Parvanachis diminuta</i> (C.B Adams, 1852)	
				<i>Nassarina tinctoria</i> (Carpenter, 1854)	
			Mangeliidae	<i>Kurtziella antiochroa</i> (Pilsbry y Lowe, 1932)	
			Muricidae	<i>Eupleura nitida</i> (Broderip, 1833)	
				<i>Anadara nux</i> (Sowerby, 1833)	
		Olivellidae	<i>Olivella semistriata</i> (Gray, 1839)		
			<i>Olivella aureocincta</i> (Carpenter, 1857)		
		Terebridae	<i>Hastula luctuosa</i> (Hinds, 1958)		
		Pulmonata	Trimusculidae	<i>Trimusculus reticulatus</i> (G.B. Sowerby I, 1835)	
		Bivalvia	Carditoida	Carditidae	<i>Cardita affinis</i> (G.B. Sowerby I, 1833)
			Nuculida	Nuculidae	<i>Nucula exigua</i> (G.B. Sowerby I, 1833)
				Cardiidae	<i>Trigonocardia obovalis</i> (n/d)
			Veneroida	Tellinidae	<i>Tellina rhynchoscutea</i> (Olsson, 1961)
					<i>Tellina purpurea</i> (Broderip y G.G. Sowerby I, 1829)
					<i>Tellina simulans</i> (C.B Adams, 1852)
<i>Strigilla chroma</i> (Salisbury, 1934)					
<i>Strigilla dichotoma</i> (Philippi, 1846)					
Veneridae	<i>Chione amathusia</i> (Philippi, 1844)				
	<i>Chione subimbricata</i> (G.B. Sowerby I, 1835)				

				<i>Pitar unicolor</i> (Sowerby, 1835)
				<i>Pitar lupanaria</i> (Lesson, 1831)
				<i>Protothaca beili</i> (n/d)
				<i>Tivela byronensis</i> (Gray, 1838)

Anexo 8: Listado de macrofauna bentónica encontrada durante la época lluviosa – Playa Pochomil.

Phylum	Clase	Orden	Familia	Genero o Especie
Annelida	Polychaeta	Eunicida	Lumbrineridae	<i>Lumbrineris sp.</i> (Blainville, 1828)
		Phyllodocida	Glyceridae	<i>Glycera sp.</i> (Lamarck, 1818)
			Goniadidae	<i>Goniadides sp.</i> (Hartmann-Schröder, 1960)
			Nereididae	<i>Nereis sp.</i> (Linnaeus, 1758)
			Sigalionidae	<i>Pisionidens sp.</i> (Aiyar y Alikunhi, 1943)
			Nephtyidae	<i>Nephtys sp.</i> (Cuvier, 1817)
Arthropoda	Malacostraca	Decapoda	Hippidae	<i>Emerita talpoida</i> (Say, 1817)
		Isopoda	Photidae	<i>Gammaropsis sp.</i> (Lilljeborg, 1855)
Mollusca	Bivalvia	Arcoida	Arcidae	<i>Barbatia gradate</i> (Broderip y G.B. Sowerby I, 1829)
			Noetiidae	<i>Noetia olsoni</i> (Sheldon y Maury, 1922)
		Carditoida	Carditidae	<i>Cardita affinis</i> (G.B. Sowerby I, 1833)
				<i>Cardita laticostata</i> (Bruguière, 1792)
		Veneroida	Cardiidae	<i>Trigonocardia obovalis</i> (n/d)
				<i>Trachycardium procerum</i> (G.B. Sowerby I, 1833)
			Donacidae	<i>Amphicaena kindermanni</i> (Salisbury, 1934)
				<i>Donax carinatus</i> (Hanley, 1843)
			Mactridae	<i>Mactrellona exoleta</i> (Gray, 1837)
			Tellinidae	<i>Tellina simulans</i> (C.B Adams, 1852)
				<i>Strigilla chroma</i> (Salisbury, 1934)
				<i>Strigilla dichotoma</i> (Philippi, 1846)
			Veneridae	<i>Chione amathusia</i> (Philippi, 1844)
				<i>Tivela byronensis</i> (Gray, 1838)
		<i>Prothotaca beili</i> (n/d)		
		<i>Pitar multispinosus</i> (Sowerby, 1851)		
		<i>Pitar unicolor</i> (Sowerby, 1835)		
			<i>Irus ellipticus</i> (Sowerby, 1834)	
Myoida	Corbulidae	<i>Corbula bicarinata</i> (G.B. Sowerby I, 1833)		
Lucinoida	Lucinidae	<i>Ctena mexicana</i> (Dall, 1901)		
Pectonioida	Pectinidae	<i>Leptopecten tumbezensis</i> (d'Orbigny, 1846)		
Gastropoda	Archaeogastropoda	Haliotidae	<i>Fissurella microtrema</i> (G.B. Sowerby I, 1835)	
	Caenogastropoda	Epitoniidae	<i>Epitonium durhamianum</i> (Hertlein y Strong,	

Mollusca	Gastropoda			1951)
		Discopoda	Thiaridae	<i>Melanoides tuberculata</i> (Müller, 1774)
		N/D	Siphonariidae	<i>Siphonaria maura</i> (G.B. Sowerby I, 1835)
		Neogastropoda	Columbellidae	<i>Mazatlania fulgurara</i> (Philippi, 1846)
			Murcidae	<i>Anadara nux</i> (Sowerby, 1833)
			Olivellidae	<i>Olivella semistriata</i> (Gray, 1839)
		Littorinimorpha	Calyptraeidae	<i>Oliva polpasta</i> (Duclos, 1833)
				<i>Crepidula aculeata</i> (Gmelin, 1791)
				<i>Crepidula lessonii</i> (Broderip, 1834)
		Littorinimorpha	Calyptraeidae	<i>Calyptrea mamillaris</i> (Broderip, 1832)
				<i>Crucibulum spinosum</i> (G.B. Sowerby I, 1824)
				<i>Crucibulum scutellatum</i> (Wood, 1828)
		Littorinimorpha	Calyptraeidae	<i>Crepidula incurva</i> (Broderip, 1834)
<i>Jenneria pustulata</i> (Lightfoot, 1786)				
	Pediculariidae	<i>Hipponix pilosus</i> (Deshayes, 1832)		
	Hipponicidae			

Anexo 9:

Fotografías de trabajo en campo









Anexo 10:

Álbum Fotográfico I

Phylum Mollusca

Clase Gasterópoda

y

Clase Bivalvia



Anadara nux



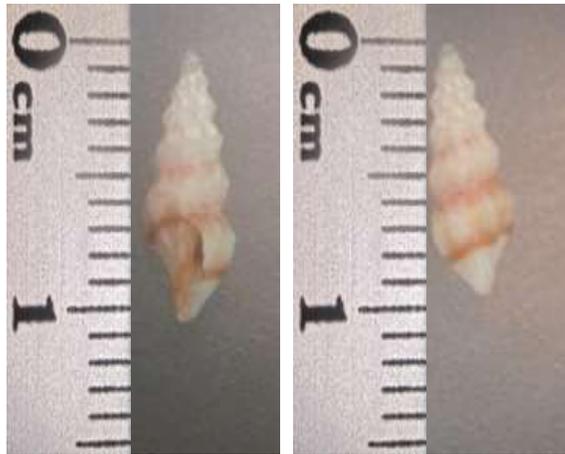
Barleeia cf. orcutti



Cardita affinis



Eupleura nitida



Kurtziella antiochroa



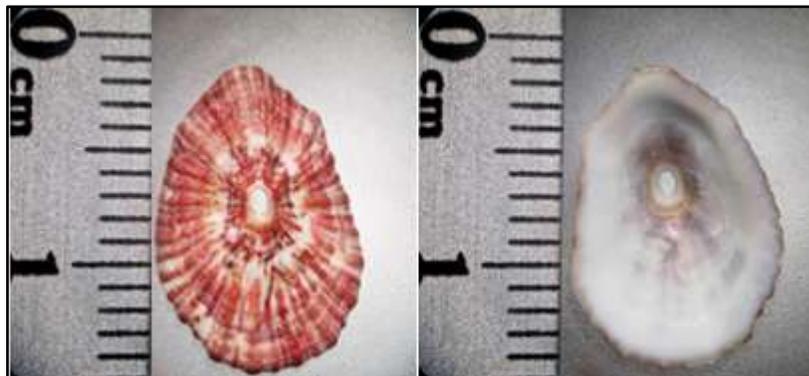
Hastula luctuosa



Chione amathusia



Crepidula aculeata



Fissurella microtrema



Tellina purpurea



Pitar unicolor



Protothaca beili



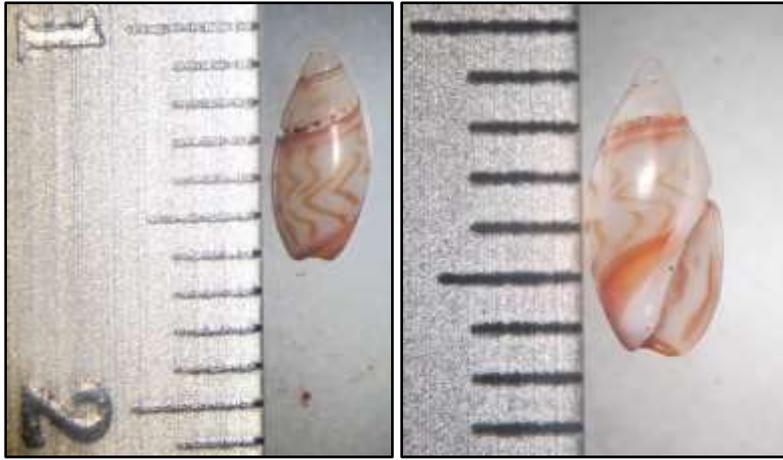
Parvanachis diminuta



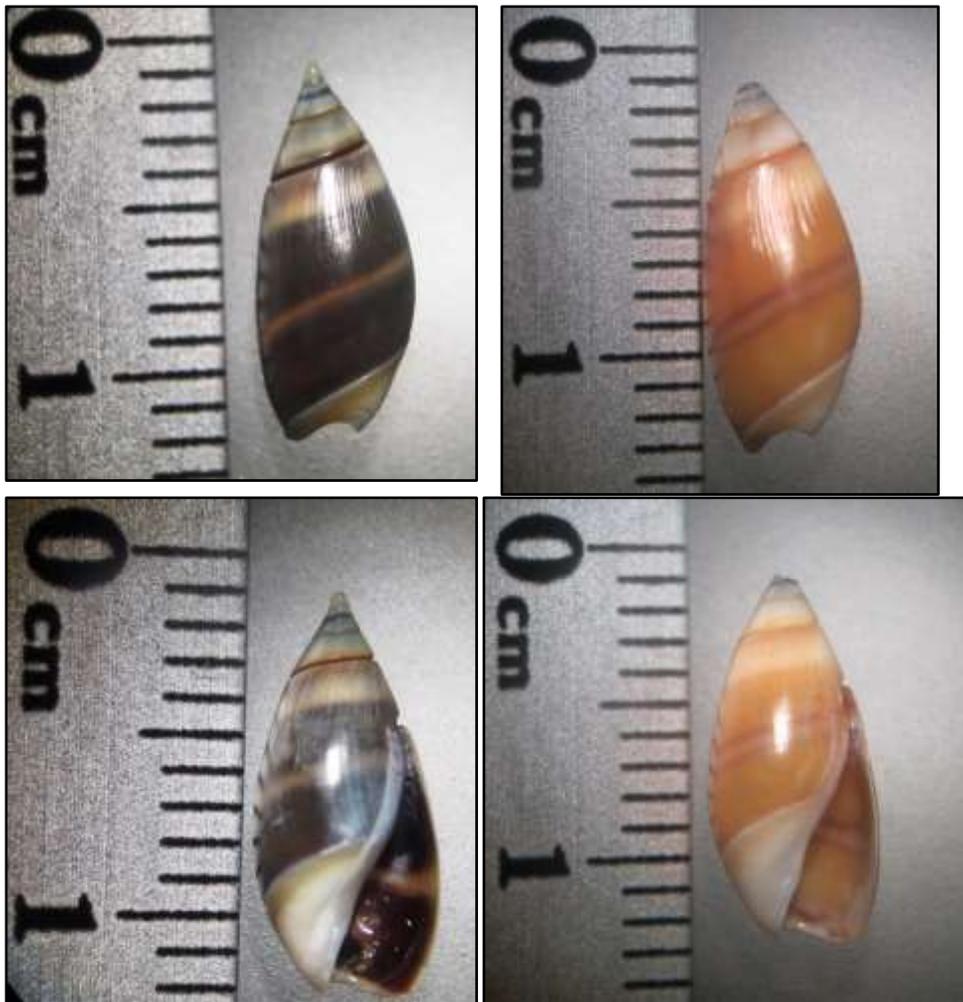
Pitar multispinosus



Trigonocardia obovalis



Olivella aureocincta



Olivella semistriata



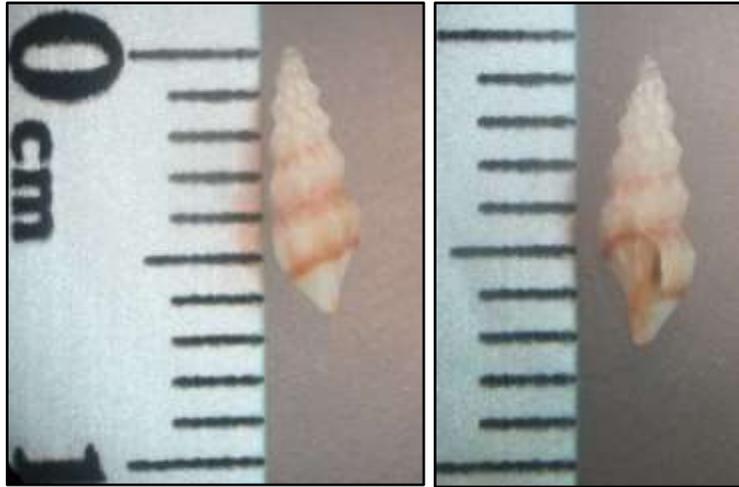
Mazatlania fulgurata



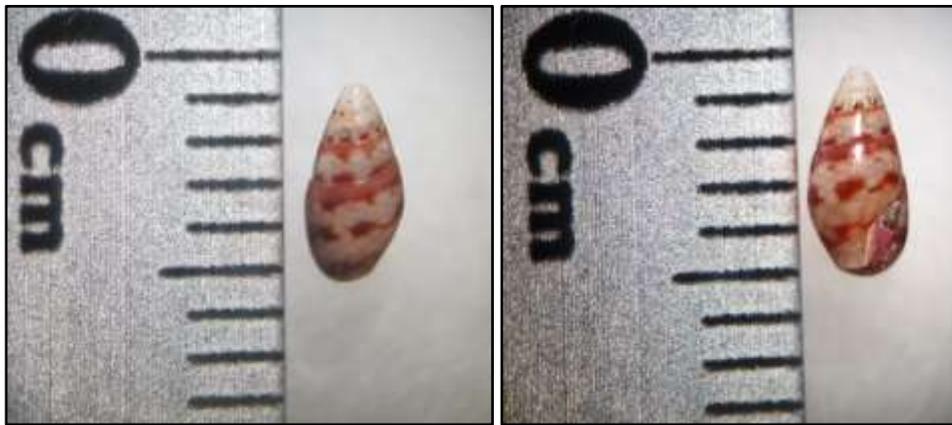
Leptopecten tumbezensis



Siphonaria maura



Kurtziella antiochroa



Mitrella baccata



Nassarina tincta



Oliva polpasta



Mactrellona exoleta



Mitrella pulchrior



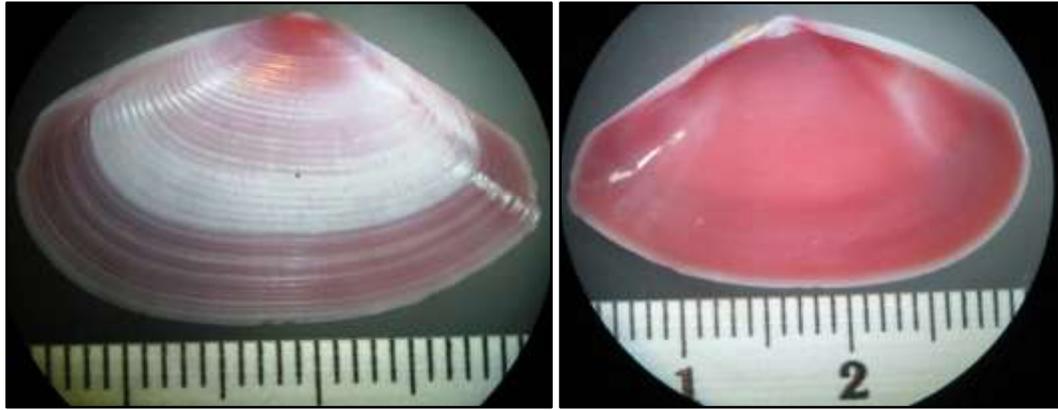
Trachycardium procerum



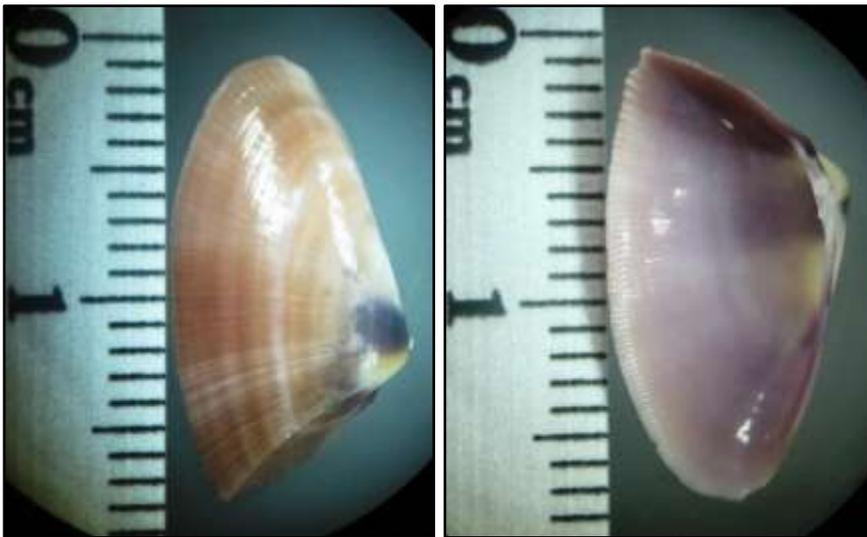
Jeneria postulata



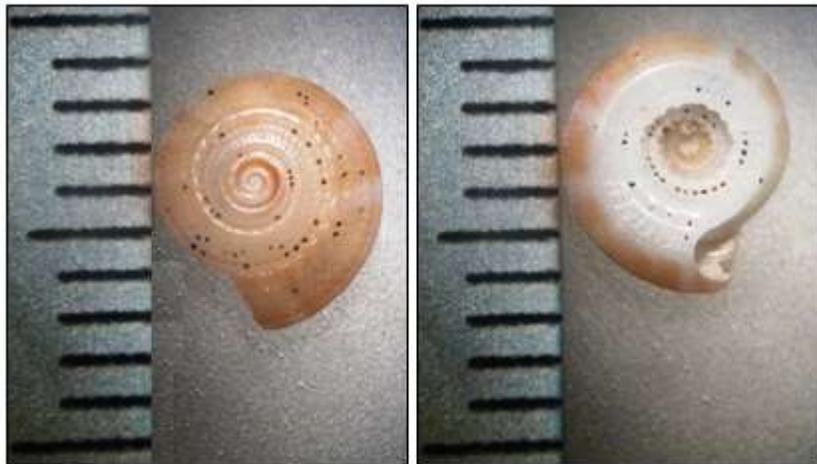
Cardita laticostata



Tellina simulans



Donax carinatum



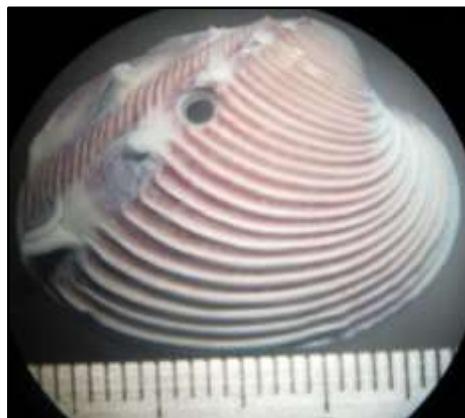
Heliacus cf. architae



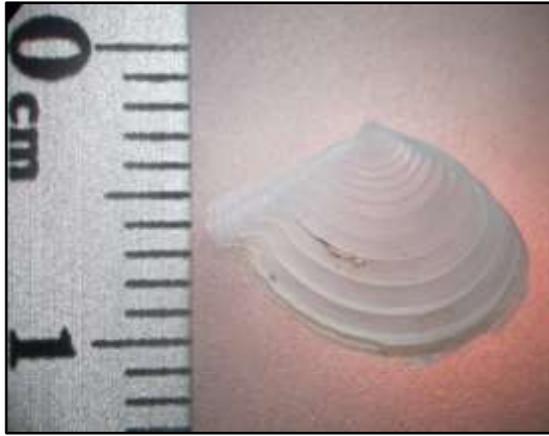
Chione subimbricata



Melanoides tuberculata



Pitar lupanaria



Tellina rhynchosusta



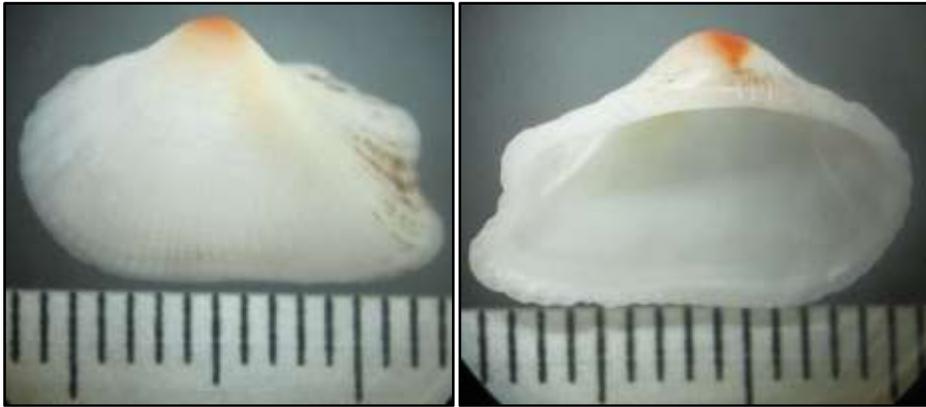
Irus ellipticus



Crucibulum scutellatum



Barbatia gradata



Noetia olssoni



Crucibulum spinosum



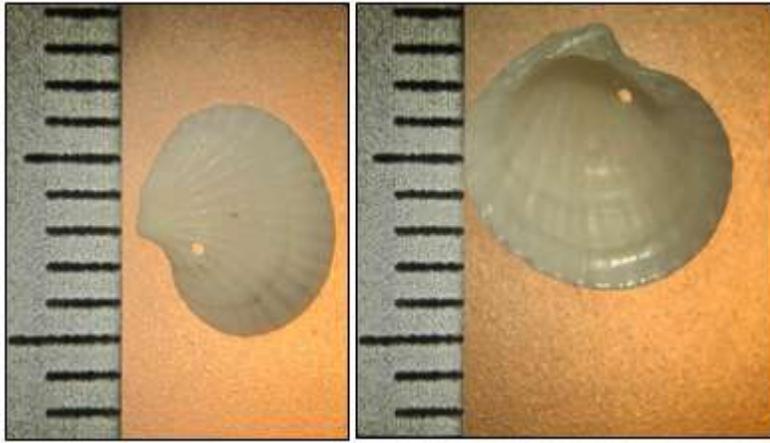
Crepidula incurva



Corbula bicarinata



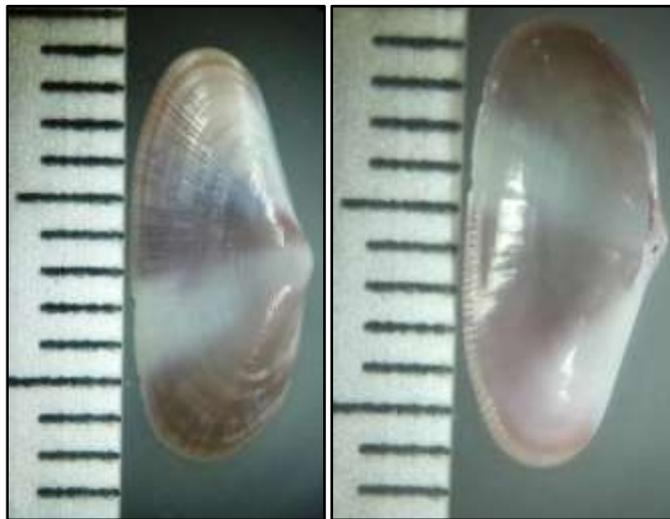
Crepidula olssoni



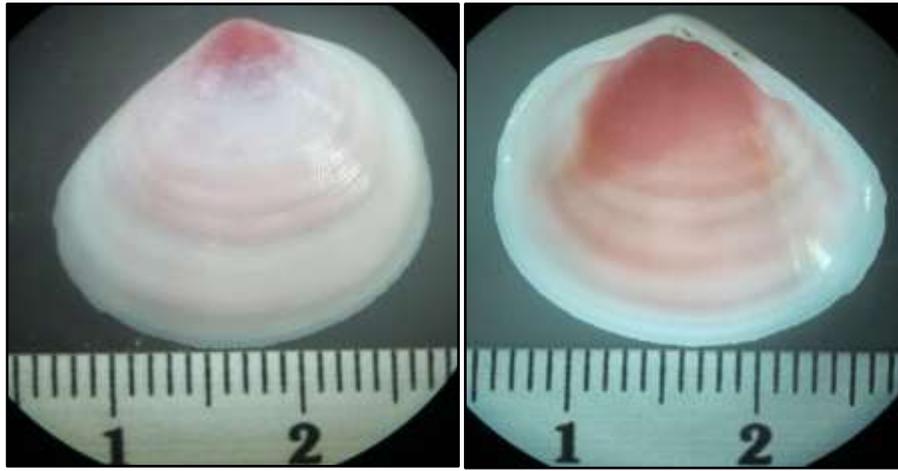
Ctena mexicana



Hiponix pilosus



Amphicaena kindermanni



Strigilla chroma



Strigilla dichotoma



Crassispira cf. semiinflata

Álbum Fotográfico II

Phylum Annelida

Lumbrineris sp.

y

Nereis sp.



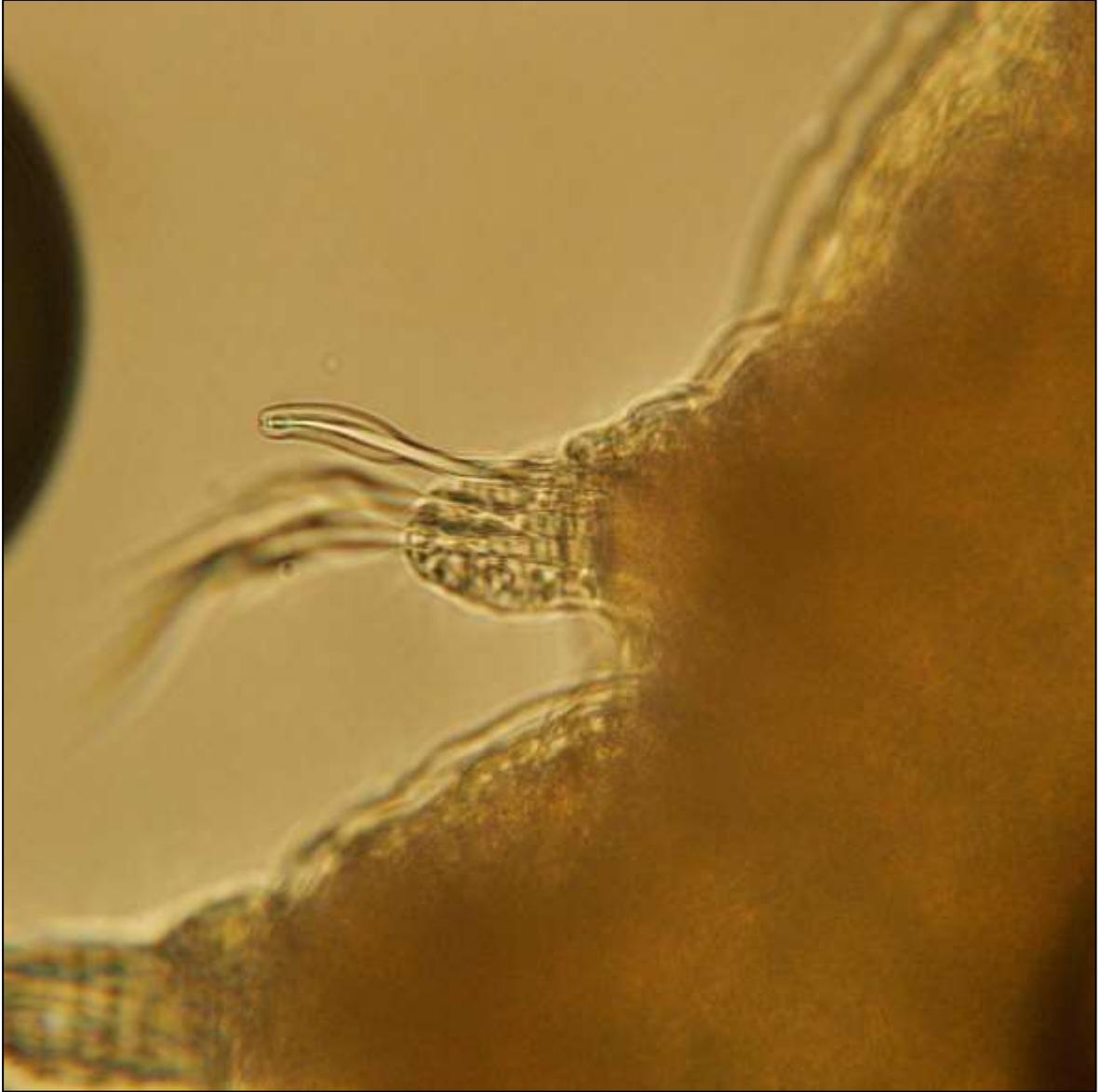
Lumbrineris sp.



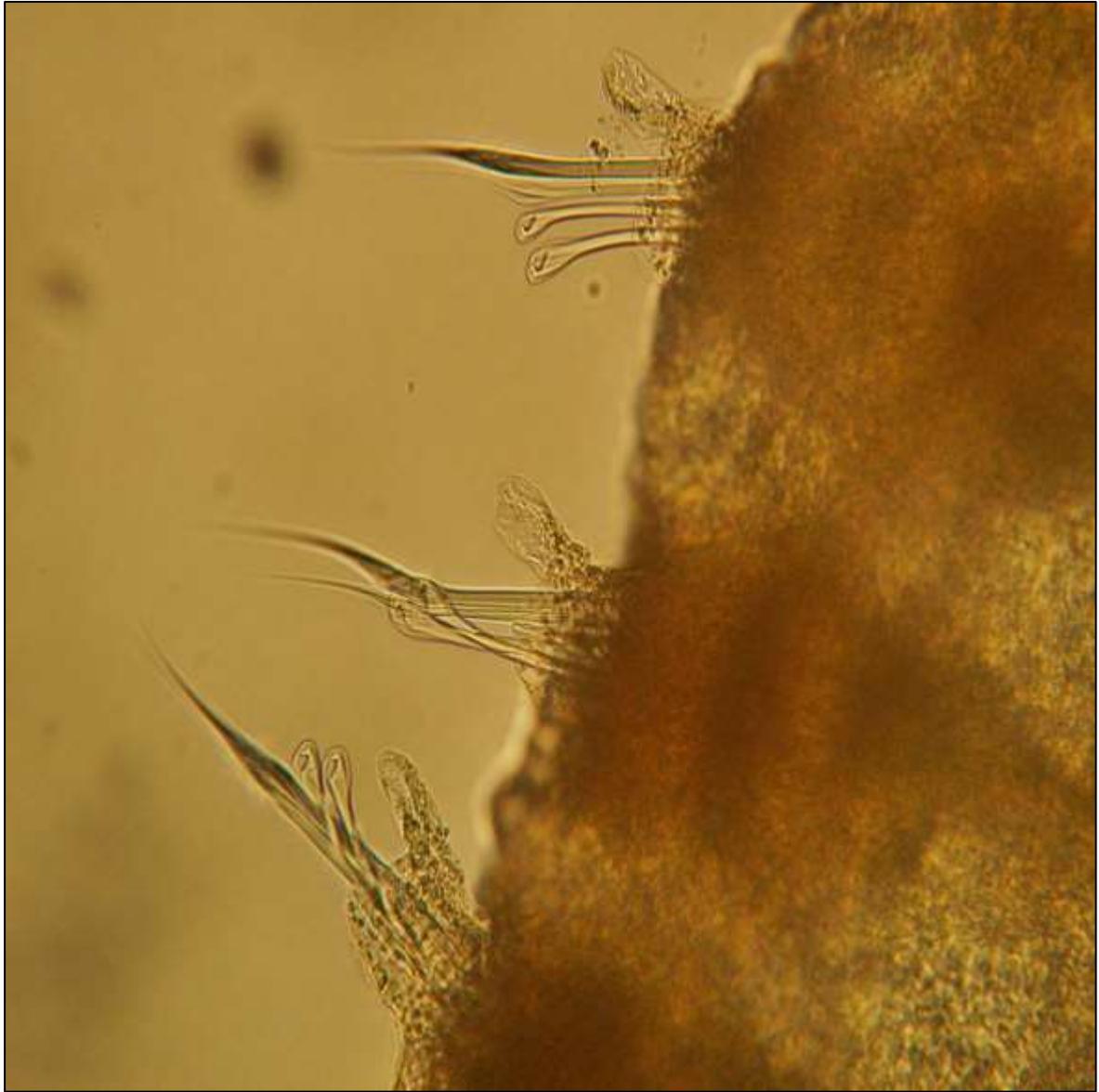
Lumbrineris sp.



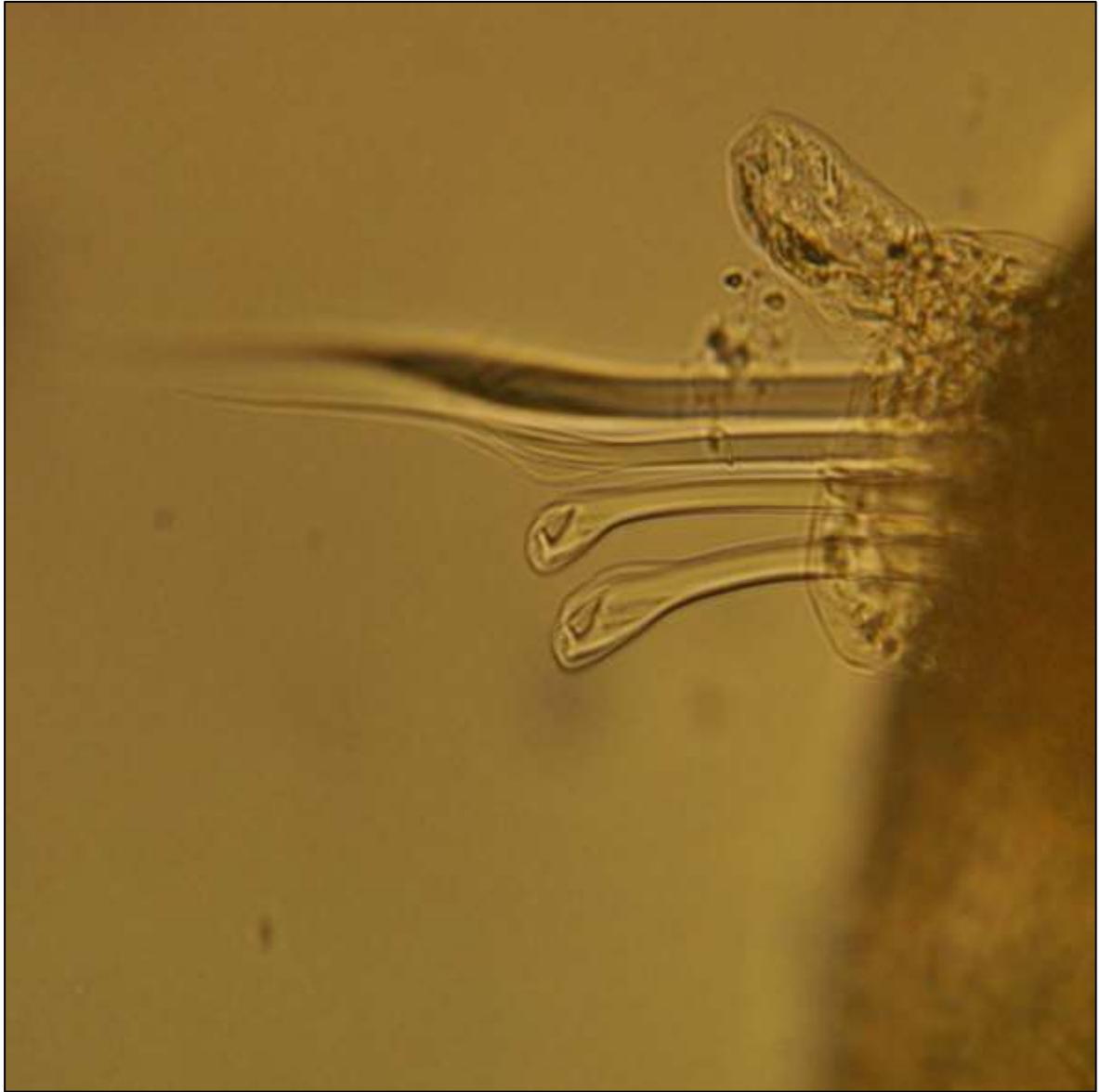
Mandíbulas de Lumbrineris sp.



Setas de Lumbrineris sp.



Setas de Lumbrineris sp.



Setas de Lumbrineris sp.



Nereis sp.



Mandíbula de *Nereis* sp.



Nereis sp.



Setas de *Nereis sp.*



Setas de *Nereis sp.*