



Efectos 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.

MSc. María Joaquina Ibarra-Arana

MSc. en Administración y Tecnología de la Acuicultura
National Taiwan Ocean University (NTOU), Keelung City 202, Taiwan
mariajoaquinaibarra@gmail.com

Dr. Lester Rocha

Doctor en Biología. Facultad de Ciencia Animal
Universidad Nacional Agraria, Managua

Fecha de recepción: 26 de agosto, 2019 / Fecha de aceptación: 28 de septiembre, 2019

<https://doi.org/10.5377/torreon.v7i20.8567>

Palabras clave: macrofauna bentónica, sustrato blando, océano pacífico, zona intermareal

RESUMEN

Se realizó un estudio espacial y temporal de la macrofauna bentónica en la zona intermareal de la Playa Pochomil, Nicaragua, en tres sitios denominados S.A (sitio arenoso), SRR (sitio rocoso con río) y S.R (sitio rocoso), respectivamente. Al final del estudio se contabilizaron un total de 596 individuos pertenecientes a cuatro Filos (Molusca, Anélida, Artrópoda y Equinodermata). La diversidad de macrofauna bentónica calculada mediante el índice de Shannon-Weaver, refleja valores de diversidad muy bajos durante todas las épocas de muestreo. Mediante el índice de Jaccard y Morisita-Horn, se evidenció que hubo baja similitud de especies. Además, se comprobó que la temporalidad no tuvo efecto directo significativo sobre la abundancia y distribución de la macrofauna bentónica, sino que ésta fue influenciada principalmente por las características físicas de los sitios de muestreo.

1. 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; 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). A su vez, 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.

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). Las comunidades macrozoobentónicas pueden ser consideradas como indicadoras de zonas intervenidas de origen antropogénico o contaminadas por materia orgánica (Villamar, 2013) debido a que al ser especies muy sensibles y de poca movilidad, tienen respuestas inmediatas a cambios que ocurran en el ecosistema (Monserrate 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. Según Gage (2001), la macrofauna es la sección taxonómicamente más diversa de los bentos y la mayoría de los invertebrados que habitan las playas arenosas pertenecen a esa última categoría (Escrivá, 2013). El Filo Anélida (Clase Poliqueta), Filo Artrópoda (Subfilo Crustacea), el Filo Equinodermata y el Filo Molusca pueden estar presentes en la zona intermareal (Molina y Vargas, 1994; Tarazona et al., 1986; Villalaz et al., 2002). Algunas de las comunidades bentónicas marinas tienen, entre otras características, la de asociarse con sustratos particulares, mediante adaptaciones morfológicas y fisiológicas (Méndez et al., 1985).

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 la distribución espacial y temporal de las especies; todos estos elementos se conjugaron para determinar 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.

2. MÉTODOS Y MATERIALES

2.1. 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 (11°46'5.52" N 86°30'6.12" O). El clima del municipio es de Sabana Tropical cálido y seco por estar ubicado en una zona costera con temperaturas entre 27.5°C y 28°C pudiéndose experimentar períodos con temperatura más alta sobre todo en la época seca (INIFOM, s.f).

2.2. 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 colectados en tres estaciones de muestreo de un metro cuadrado cada una.

2.3. 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 del sitio de estudio. El método utilizado para la fue el de observación *in situ* para la identificación de la zona intermareal y la posterior selección a conveniencia de los puntos de muestreo, cuyas características fueron las siguientes: 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. Sitio Rocosos 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 supra-mareal; 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. Sitio Rocosos (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.

2.4. Muestro para análisis de diversidad de macrofauna bentónica

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. Posterior a la extracción de la muestra, el contenido se depositó en una bolsa plástica individual y se agregó alcohol al 95% para preservarlas. Todas las muestras analizadas en el Centro de Investigación de Recursos Acuáticos de Nicaragua (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).

Se utilizó un tamiz de 200 μm que permitió retener los organismos de la macrofauna contenida en las muestras. Todos los individuos fueron depositados en frascos etiquetados y se preservó la muestra con alcohol al 95%. La identificación taxonómica hasta nivel de género o especie de los individuos colectados se realizó por medio de un estereoscopio y un microscopio con apoyo de literatura disponible.

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

El índice de Simpson (1949):

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

Donde:

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 utilizó la siguiente fórmula:

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

2.5. Parámetros físico-químicos de agua

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*. Los análisis de la Demanda Biológica de Oxígeno (DBO₅), Demanda Química de Oxígeno (DQO), granulometría y contenido de materia orgánica fue realizado directamente en el laboratorio.

2.6. 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:

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

Donde:

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:

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

Donde:

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

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

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

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

2.7. Análisis estadístico

Los índices de diversidad fueron calculados en el software Past3 (Hammer et al., 2015). El mapa de distribución espacio-temporal fue generado con el software Surfer 9 (Golden Software®, 2016). Se utilizó el paquete lme4 (Bates et al., 2015) para ajustar el modelo lineal mixto generalizado (GLMM, por sus siglas en inglés) con el fin de analizar datos no normales cuando hay efectos aleatorios, y el paquete Vegan (Oksanen, 2015) para el análisis clúster dendrograma, ambos del software estadístico R (R Development core Team, 2015).

3. RESULTADOS

3.1. Abundancia y riqueza

La abundancia total de macrofauna bentónica fue de 596 individuos. Durante la época seca se obtuvieron 231 individuos y durante la época lluviosa 365 individuos, que representaron el 38.75 % y 61.24 %, respectivamente. En la abundancia por punto de muestreo, S.A y S.R. presentaron incremento en el número de individuos durante la época lluviosa, caso contrario al sitio S.R.R, donde se presentó un valor de abundancia inferior a la obtenida en la época seca (Figura 1).

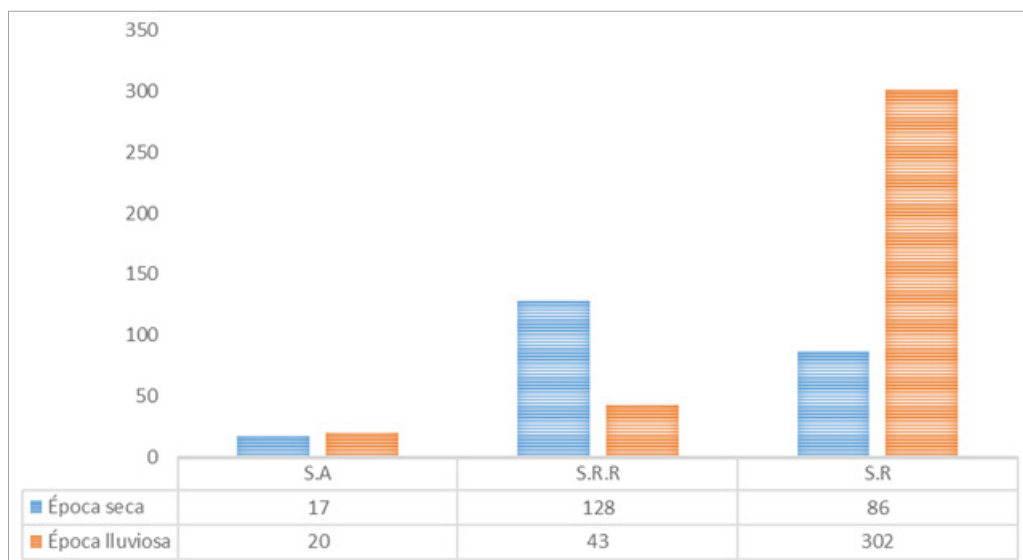


Figura 1. Abundancia relativa por sitios de muestreo de macrofauna bentónica de sustratos blandos de la zona intermareal. S. A= Sitio Arenoso, S.R. R= Sitio Rocoso Río, S. R= Sitio Rocoso

Taxonómicamente los individuos encontrados estuvieron distribuidos en 4 Filos: Molusca (n=495), Anélida (n=78), Artrópoda (n=20) y Equinodermata (n=3) (Figura 2). 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 presentó valores intermedios comparado con los otros sitios, pero disminuyó su riqueza pasando de 21 especies en la época seca a 16 especies en la época lluviosa. 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 (Figura 3).

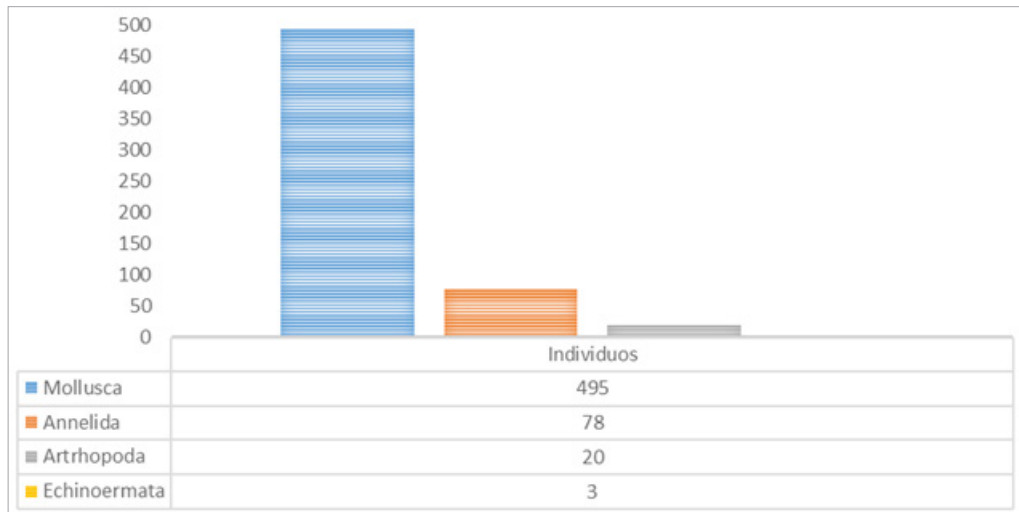


Figura 2. Abundancia por Phyllis de macrofauna bentónica de sustratos blandos de la zona intermareal.

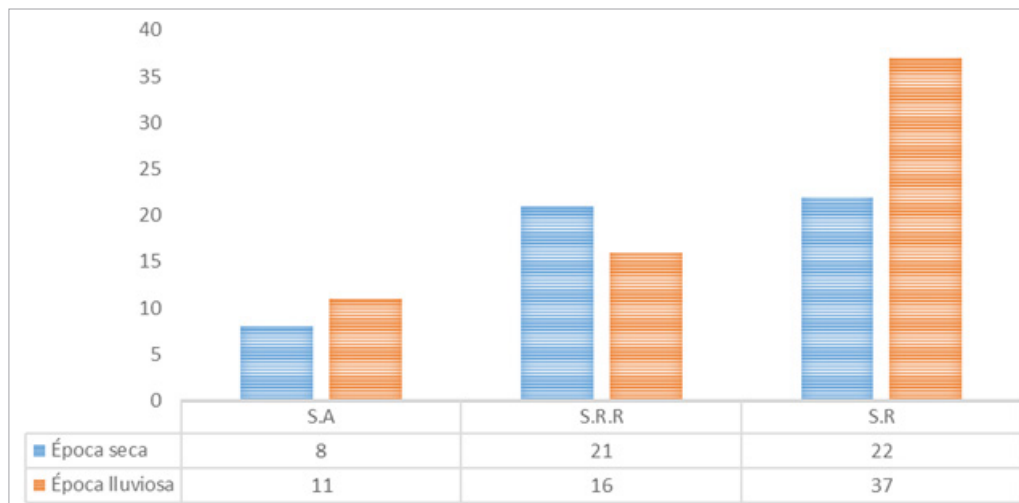


Figura 3. Riqueza de especies de macrofauna bentónica de sustratos blandos de la zona intermareal. S. A= Sitio Arenoso, S.R. R= Sitio Rocoso Río, S. R= Sitio Rocoso.

3.2. Índice de Shannon-Weaver

Para la época seca se pudo constatar que en todos los sitios el índice de Shannon-Weaver fue menor de 3.5 bits/ind. 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, producto del alto número de especies encontradas ($n=302$) (Figura 4). En cuanto a la dominancia y equidad de las especies, se evidenció cambios en el comportamiento de los valores tanto entre sitios como entre épocas de muestreo, siendo la época lluviosa la que tuvo mayor homogeneidad (Figura 5).

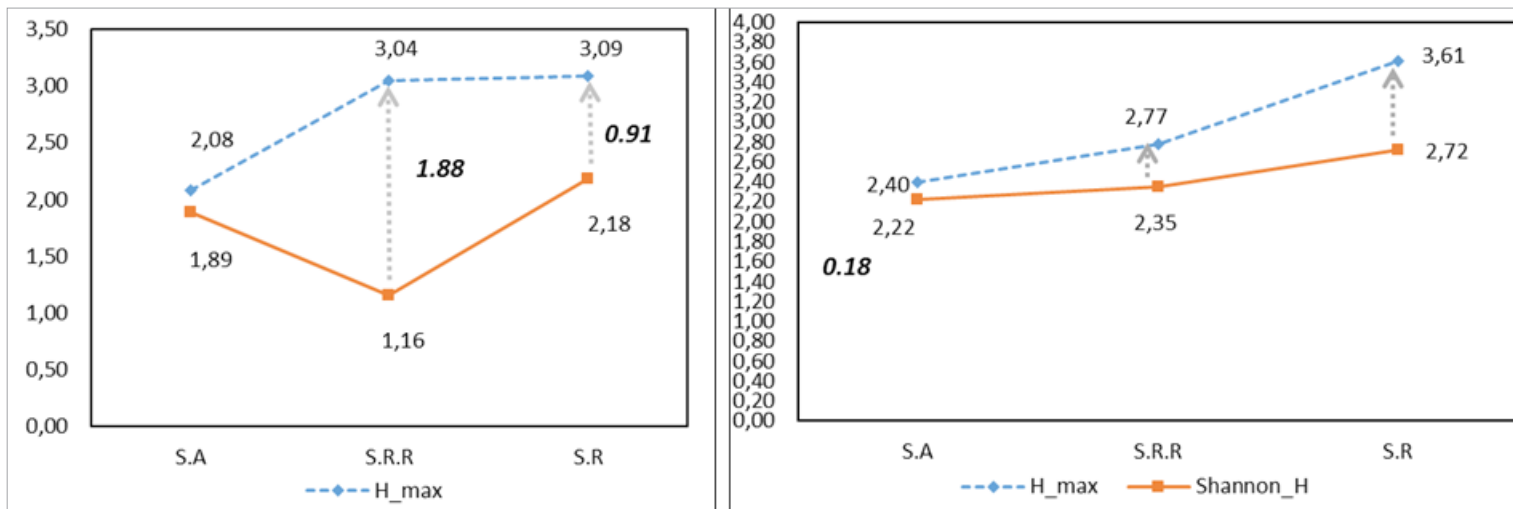


Figura 4. Índice de Shannon-Weaver en los sitios de muestreo durante la época seca y lluviosa.

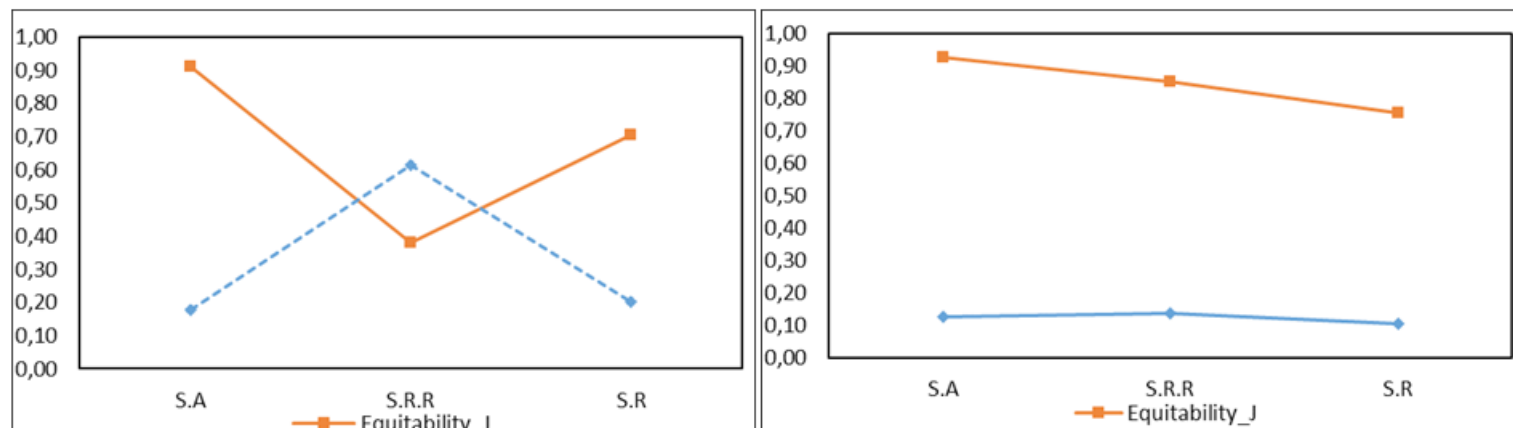


Figura 5. Dominancia y equidad de especies en los sitios de muestreo durante la época seca y lluviosa.

3.3. Variables físico-químicas, granulometría y materia orgánica

La temperatura osciló entre los 29.5 °C y los 28.2 °C. 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. El oxígeno disuelto en el agua tuvo 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%. La conductividad eléctrica se mantuvo con valores estables en ambas épocas (43.3 mS.cm⁻¹ - 55.8 mS.cm⁻¹). La salinidad osciló entre 33 ups a 36 ups.

Durante la época seca, los valores de DBO_5 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.

3.4. Identificación de patrones de distribución espacio-temporales

Los resultados obtenidos reflejaron baja similitud entre los sitios de muestreo dado por el número de especies compartidas entre sitios (Tabla 1). 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 6). Al realizar la modelación de la distribución de los individuos de macrofauna bentónica encontrados en las diferentes épocas y sitios de muestreo, 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 7).

Tabla 1. 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

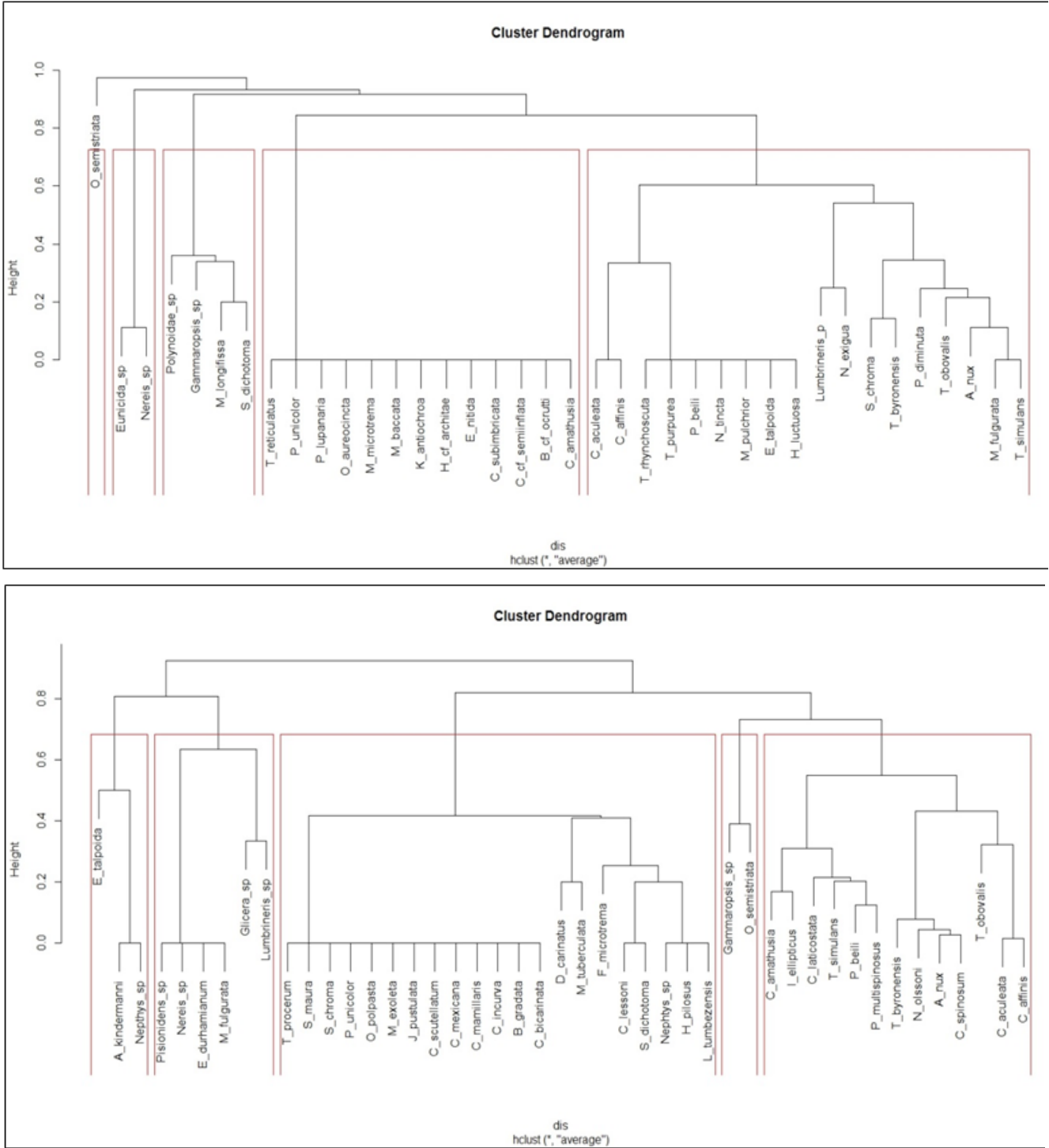


Figura 6. Dendrograma de distribución de especies en todos los sitios durante la época seca y lluviosa.

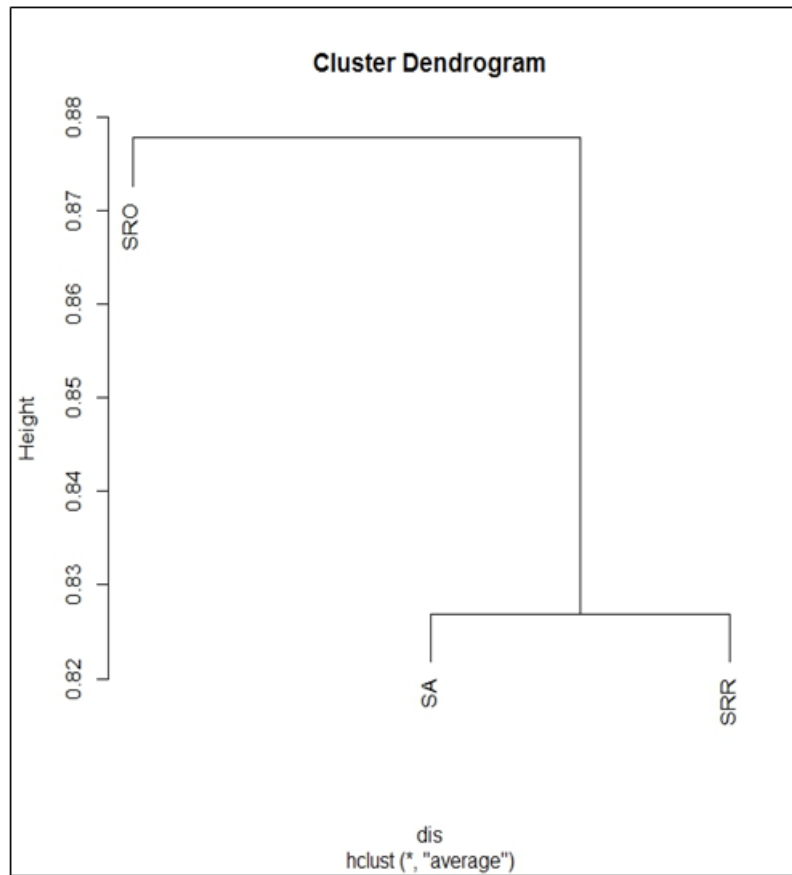


Figura 7. Dendrograma de similitudes entre sitios de muestreo.

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 ($130 \text{ ind.m-2} \pm 100 \text{ ind.m-2}$) mientras que S.A tuvo los valores más bajos ($90 \text{ ind.m-2} \pm 20 \text{ ind.m-2}$). En el caso de la época lluviosa la densidad total aumentó 310 ind.m-2 en el sitio S.R para posteriormente, reducirse gradualmente ($180 \text{ ind.m-2} \pm 110 \text{ ind.m-2}$) hacia la zona intermareal más desprotegida (S.A, $90 \text{ ind.m-2} \pm 30 \text{ ind.m-2}$) (Figura 8).

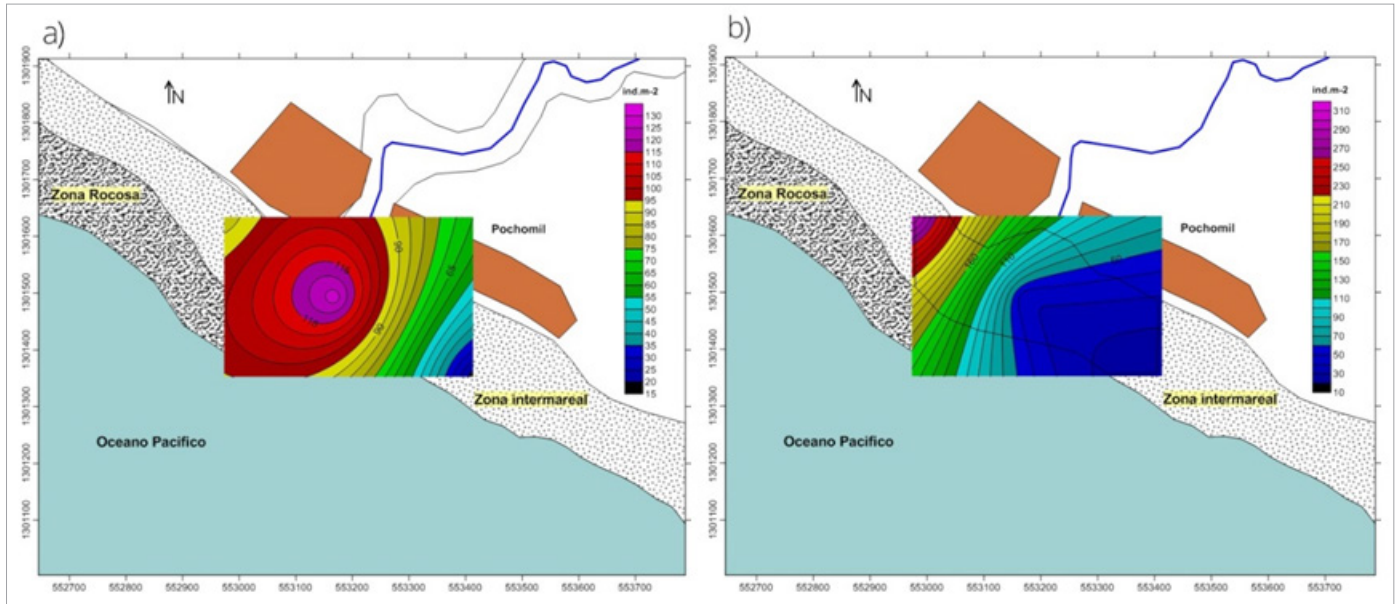


Figura 8. Distribución de la densidad total de macrofauna bentónica de sustratos blandos de la zona intermareal – Playa Pochomil. a) Época seca b) Época lluviosa.

En el Filo Mollusca (Clase Bivalva y Clase Gasterópoda), 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) (Figura 9). El Filo Anélida (Clase Poliqueta), durante la época seca la densidad máxima (60 ind.m⁻²) se concentró en los sitios 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) (Figura 10). Por el contrario, se evidenció que la distribución de los anélidos durante la época lluviosa disminuyó (9.5 ind.m⁻² ± 2 ind.m⁻²) a medida que se acercaban a zonas protegida por el sistema rocoso. La distribución del Filo Artrópoda (Subfilo Crustacea) (Figura 11) estuvo caracterizada durante la época seca por poseer la mayor concentración en el sitio S.A (5 ind. -m⁻²). 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). Finalmente, el Filo Equinodermata presentó la menor de las densidades de todos los grupos taxonómicos, con 3 ind.m⁻² y únicamente tuvo presencia en la época seca y exclusivamente en el sitio arenoso (S.A) (Figura 12).

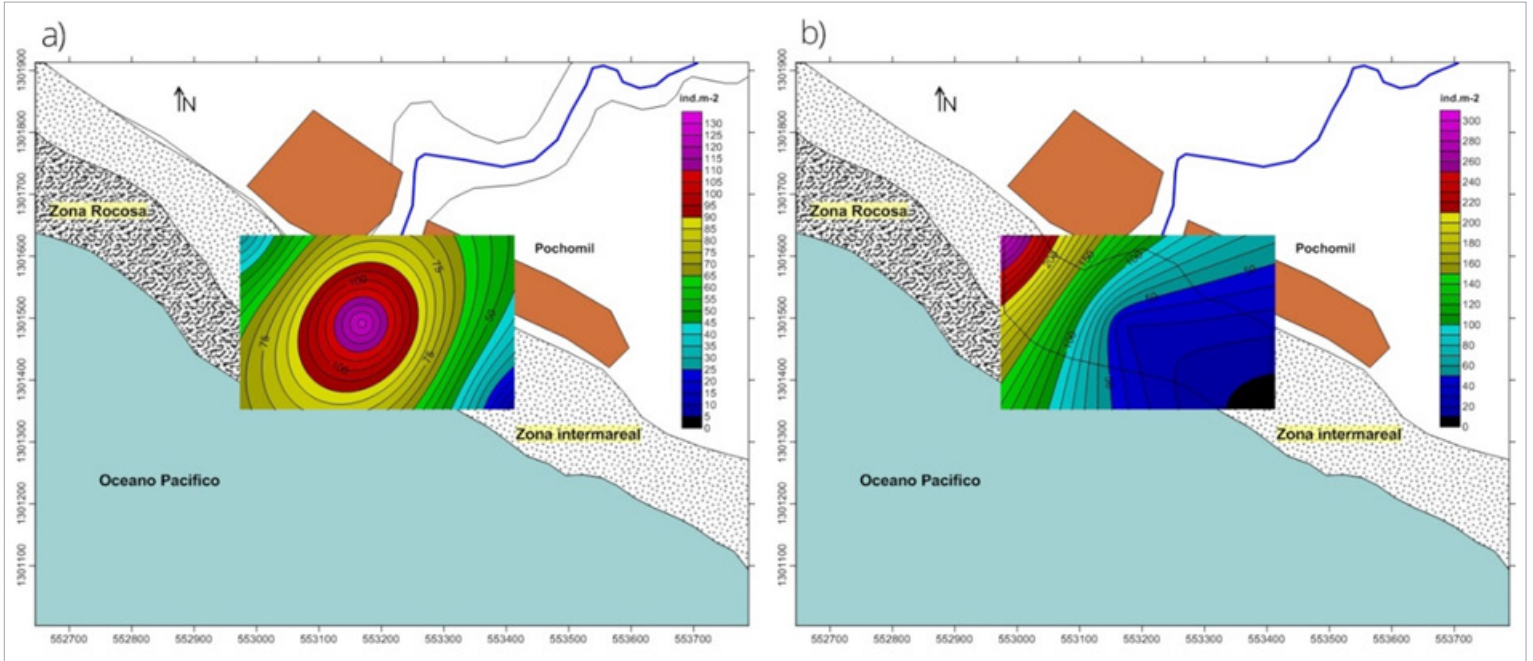


Figura 9. Distribución del Filo Molusca en la zona intermareal – Playa Pochomil. a) Época seca b) Época lluviosa.

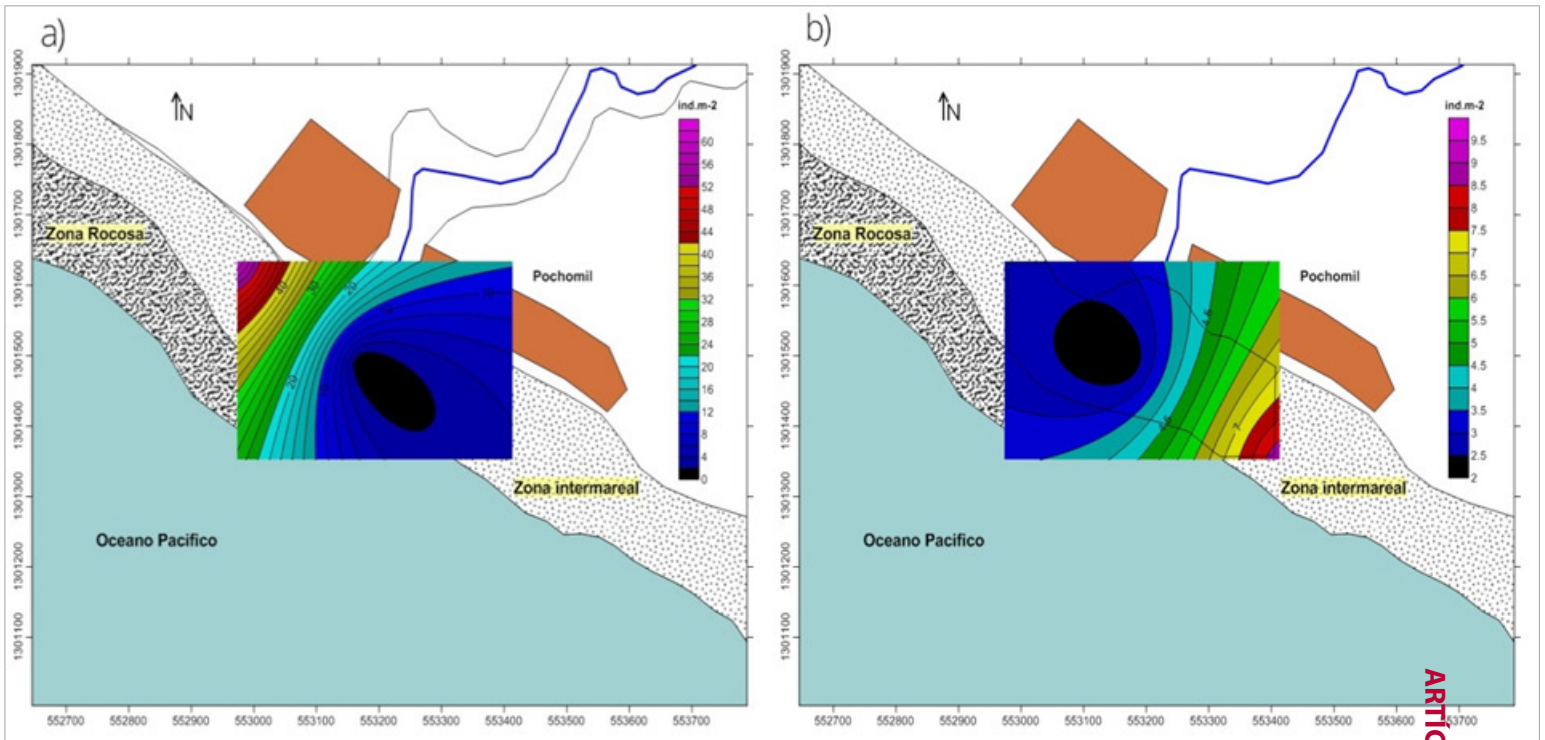


Figura 10. Distribución del Filo Anélida en la zona intermareal – Playa Pochomil. a) Época seca b) Época lluviosa.

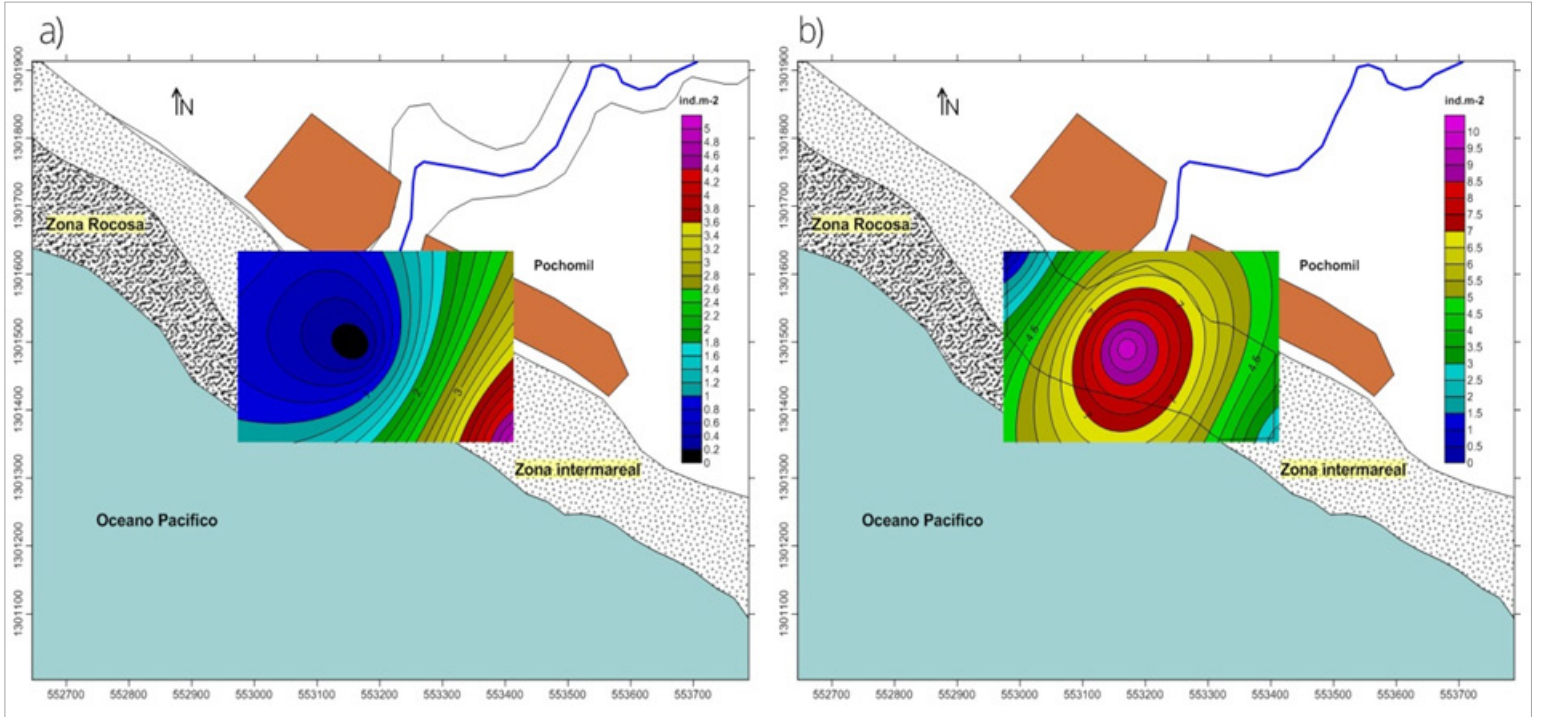


Figura 11. Distribución del Filo Artrópoda en la zona intermareal – Playa Pochomil. a) Época seca b) Época lluviosa

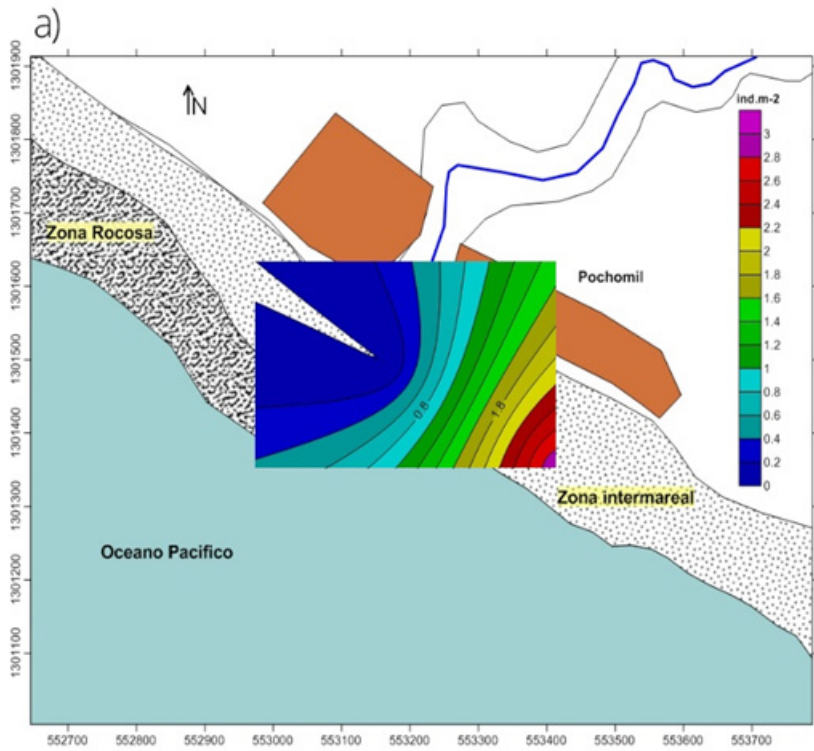


Figura 12. Distribución del Filo Equinodermata en la zona intermareal – Playa Pochomil. a) Época seca

4. DISCUSIÓN

Según Rodil y Lastra (2004) y 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 temporal importante de individuos. 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 antes expuesto podría estar relacionado a las condiciones físicas del sitio de estudio; 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 que ha sido anteriormente expuesto por Escrivá (2013). Durante la época lluviosa, el aporte de agua dulce y arrastre de sedimentos probablemente influyó en 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 con 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.

De acuerdo con 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. En los resultados obtenidos en el índice de Shannon-Weaver, son notorias las diferencias entre los valores de diversidad entre épocas de muestreo 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}).

En condiciones normales de temperatura Tait (1971) afirma que esta variable es 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; en los resultados obtenidos en la presente investigación no hubo variaciones significativas en la temperatura del agua, disminuyendo así la posibilidad de esta variable ambiental jugara un papel determinante en la distribución de los organismos macro-bentónicos estudiados. 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, lo cual concuerda con

los resultados obtenidos en el presente estudio. Las variables que mayores diferencias tuvieron entre épocas fueron la DBO₅ y la DQO, mismas que pudieron ser provocadas por el arrastre de material orgánica producto de las lluvias, y que tuvieron un efecto significativo en la zona de estudio.

Los patrones de distribución de la macrofauna costera han 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). La distribución del Filo Molusca estuvo mayormente concentrada en aquellas áreas donde la playa presentaba condiciones físicas más protegidas. Además, 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. Según Escrivá (2013) los gusanos poliquetos pueden ser la macrofauna dominante en arenas relativamente protegidas y a medida que aumenta el hidro-dinamismo y el sedimento se vuelve más grueso, tienden a desaparecer debido sometimiento a la acción directa de las olas y desecación durante la marea baja, producto de la exposición prolongada a los rayos solares. Para el Filo Anélida la distribución de los individuos durante la época lluviosa disminuyó ($9.5 \text{ ind.m}^{-2} \pm 2 \text{ ind.m}^{-2}$) a medida que se acercaban a zonas protegida por el sistema rocoso; esta diferencia en el comportamiento de distribución espacio-temporal 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 Polinoidea, mientras que en la época lluviosa se encontraron *Lumbrineris sp.*, *Glycera sp.*, *Nereis sp.* y *Pisionidens sp.*

5. CONCLUSIONES

En la zona intermareal de la Playa Pochomil durante el periodo de investigación se contabilizaron 596 individuos de macrofauna bentónica de sustratos blandos distribuidos en cuatro Filos (Molusca, Anélida, Artrópoda y Equinodermata). La diversidad de macrofauna bentónica de sustratos blandos calculada mediante el índice de Shannon-Weaver, refleja valores de diversidad muy bajos para la época seca y lluviosa. Se evidenció que la temporalidad no tuvo efecto directo significativo sobre la abundancia y distribución de la macrofauna bentónica de sustratos blandos, y que fueron las características físicas de los sitios de muestreo las que tuvieron influencia directa. Mediante el índice de Jaccard y Morisita-Horn, se evidenció que los sitios presentaron baja similitud de especies.

Agradecimientos

Los autores agradecen a la Dirección de Posgrados de la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua (UNAN-Managua), que a través del Fondo de Proyectos de Investigación (FPI) financiaron la presente investigación.

REFERENCIAS

- 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>
- Bates, D., Bolker, B., Mächler, M. y Walker, S. 2015. Fitting Linear Mixed-Effects Models Using lme4. *Journal of Statistical Software*. 67. Retomado de: <https://www.jstatsoft.org/article/view/.../v67i01.pdf>
- Brusca, R. 1973. *A Handbook to the Common Invertebrates of the Gulf of California*. The University of Arizona Press: 427.
- Carrasco, F. 1997. Organismos del bentos marino sub-litoral: algunos aspectos sobre abundancia y distribución en *Biología Marina y Oceanografía: Conceptos y Procesos Tomo I* Autor: Camilo Werlinger I. 315-332. Retomado de: <http://biblio3.url.edu.gt/Publi/Libros/2013/BioMarina/11.pdf>
- Escrivá, P.J. 2013. Distribución y abundancia de macrofauna bentónica del infralitoral somero. Universidad Politécnica de Valencia. Gandia, España. 13-19. Retomado de: <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/32845/Memoria.pdf>
- 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* 62: 947-956.
- Gage, J.D. 2001. Macroenthos en *Encyclopedia of Ocean Science*, 3: 1505-1515. Scottish Association for Marine Science, Oban, United Kingdom.
- 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.
- 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
- 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: 195-205. Retomado de: http://www.ots.ac.cr/rbt/attachments/volumes/vol43-1/19_Molina_Poliquetos.pdf
- Monserrate, 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>
- Oksanen, J. 2015. Multivariate Analysis of Ecological Communities in R: vegan tutorial. Retomado de: <https://www.cc.oulu.fi/~jarioksa/opetus/metodi/vegantutor.pdf>
- Pech, D. y Ardisson, L. 2010. Biodiversidad y Desarrollo Humano en Yucatán. Ecosistemas y comunidades. Comunidades acuáticas: Diversidad en el bentos marino-costero; 145.
- R Development core Team. 2015. R: The R Project for Statistical Computing. Retomado de: <https://www.r-project.org/>
- Rodil, I. and Lastra, M. 2004. Environmental factors affecting benthic macrofauna along a gradient of intermediate sandy beaches in northern Spain. *Estuarine and Coastal Shelf Science* 61: 37-44.
- Rodil, I.F., Lastra, M. y López, J. 2007. Macroinfauna community structure and biochemical composition of sedimentary organic matter along a gradient of wave exposure in sandy beaches (NW Spain). *Hydrobiologia* 579: 301-316.
- 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. Retomado de: <http://publications.iadb.org/handle/11319/4666?locale-attribute=es>
- Tait, R.V. 1971. Elementos de ecología marina. Editorial Acribia, Zaragoza, España.
- 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.* 74: 102-116. Retomado de: http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/publicaciones/rev_ciencias/v74_n1/a11.pdf
- Vega, M. 1971. Introducción a la ecología de los bentos marinos. Departamento de Pesquería. Universidad Nacional Agraria, Perú.

- Villalaz, J., Vega, C., Ávila, Y. y Gómez, J. 2002. Análisis temporal de macroinvertebrados bentónicos en playa El Agallito, Chitré. *Tecnociencia* 4: 111-126. 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, F. 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* 18. Retomado de: www.inocar.mil.ec/web/phocadownloadpap/actas.../OCE1801_11.pdf