

Diferencias en la composición de sustrato entre Dzilam de Bravo y El Cuyo de la península de Yucatán

Sebastián Medina^{a,*}, David Sánchez^a, Diego Muñoz^a

^aENES UNAM unidad Mérida, Ecología de Campo VI, Tablaje Catastral N°6998, Carretera Mérida-Tetiz Km. 4.5, Ucu, 97357

Abstract

Los pastos marinos tienen una amplia distribución alrededor de la península de Yucatán y representan un pilar destacado para el sostenimiento de la fauna bentónica. No obstante, dicha distribución no es igual ni a lo largo de la costa ni mar adentro. A través de una versión modificada de la metodología AGRRA, caracterizamos y comparamos la composición de sustratos submareales entre dos localidades del norte de la península de Yucatán (Dzilam de Bravo y El Cuyo) a 20, 40 y 60 metros de la línea de costa. También exploramos la probabilidad de detección de la fauna macrobentónica en ambas localidades. Encontramos que, al menos en los primeros 60 metros de zona submareal, Dzilam de Bravo presenta una mayor diversidad de sustratos que El Cuyo y que estos varían en su composición en función de la distancia a la línea de costa. De los nueve sustratos registrados para Dzilam de Bravo, dos fueron especies de pastos marinos: *Thalassia testudinum* y *Syringodium filiforme*; creemos que la dominancia de la segunda indica procesos de sucesión ecológica temprana en la localidad. Por otro lado, la probabilidad de detección de fauna bentónica fue baja para Dzilam de Bravo (0.11 para bivalvos y 0.22 para gasterópodos) y nula para el Cuyo. Nuestros hallazgos secundan la heterogeneidad reportada en sustratos de pastos marinos a lo largo de la península de Yucatán.

Keywords: Sustrato, Megabentos, Pastos marinos, Zona submareal

1. Introducción

Las zonas costeras representan un foco de interés para la biodiversidad, pues son la base de intercambio de materia biótica y abiótica entre los ecosistemas terrestres y los marinos. Estas albergan una gran diversidad de especies en los ecosistemas que la conforman, como los pastos marinos. Estos están constituidos, principalmente, por una comunidad vegetal bentónica (Herrera-Silveira et al., 2019) y se distribuyen a manera de parches estratificados.

Para el caso de la península de Yucatán, se ha reportado una amplia distribución de especies de pastos marinos, como *Thalassia testudinum*, *Halodule wrightii*, *Syringodium filiforme* y *Ruppia mexicana*, por mencionar algunas, siendo esta última una especie endémica de la región (C. et al., 2020). Tal

fenómeno se ha explicado por la poca profundidad que tienen sus costas, lo cual permite niveles de irradiación óptimos para los mismos en regiones vastas. Además, Sánchez et al. (Sánchez-Molina et al., 2007) propone que la composición calcárea del sustrato favorece la fijación y colonización de las plantas macrofitas, lo que propicia el crecimiento de una variada macroflora marina.

Los pastos marinos cumplen con diferentes servicios ecosistémicos como, la captura de carbono, disipación de corrientes (lo que permite la estructuración de las costas), reducción de las tasas de erosión costera (Herrera-Silveira et al., 2019) y provisión de microhábitats para una gran diversidad de organismos invertebrados considerados como fauna bentónica. La fauna bentónica es toda aquella que se encuentra en el fondo del agua y ha sido clasificada en diferentes tamaños: microbentónica <0.063 mm, meiobentónica 0.063–1.0 mm, macrobentónica >1.0 mm y megabentónica > 10.0 mm (Tagliapietra and Sigovini, 2010). Organismos como oligoque-

*Corresponding author

Email addresses: 319529818@enesmerida.unam.mx (Sebastián Medina), 420049609@enesmerida.unam.mx (David Sánchez), 317137150@enesmerida.unam.mx (Diego Muñoz)

tos, poliquetos, moluscos, gasterópodos, bivalvos, crustáceos, etc., realizan funciones importantes dentro de su ecosistema. Algunos cumplen con el papel de ser organismos detritívoros, otros como filtradores de materia orgánica y demás. Asimismo, también están ligados a redes tróficas como alimento para especies de mayor tamaño (Tagliapietra and Sigovini, 2010).

Continuar estudiando la composición de las zonas bentónicas submareales es una tarea importante a realizar, ya que, de esta manera poder evaluar y comprender los procesos ecológicos que se desarrollan en esos ecosistemas en vistas de mejorar planes de manejo para la biodiversidad marina. Es en este contexto que el propósito de nuestro trabajo es caracterizar la composición del sustrato submareal y la composición de fauna megabentónica en dos localidades, Dzilam de Bravo y El Cuyo a 20, 40 y 60 metros de la línea de costa. con el objetivo de comparar ambos sitios utilizando una metodología AGRRA.

2. Metodología

2.1. Área de estudio

En este estudio contemplamos a Dzilam de Bravo y El Cuyo. El primero, situado en el norte de Yucatán entre los paralelos $21^{\circ}19'$ y $21^{\circ}32'$ N y los meridianos $88^{\circ}35'$ y $88^{\circ}58'$, limita al norte con el Golfo de México y está influenciado en su circulación oceánica por los vientos y las corrientes provenientes del canal de Yucatán, principalmente (Rosado-Espinosa et al., 2012). Además, presenta una diversidad de fondos en la que se encuentran fondos arenosos, arenosos con conchuela, duros de lajas y piedras (Rosado-Espinosa et al., 2012). Por su parte, El Cuyo se sitúa en el paralelo $21^{\circ}31'$ N y el meridiano $87^{\circ}39'$, ubicado al noreste de la península (DIGAOHM, 2019). La costa presenta una pendiente reducida con arenas combinadas de tamaños medianos y pequeños, las corrientes llevan una dirección Oeste-Noroeste, con velocidad promedio entre 0.7 y 0.8 nudos, alcanzando velocidades máximas de hasta 3 nudos (DIGAOHM, 2019) (figura 1).

2.2. Descripción de métodos de campo

Empleando una versión modificada del protocolo AGRRA 2016-09-22 (Lang, 2016) para sustratos distintos a corales, demarcamos tres líneas de

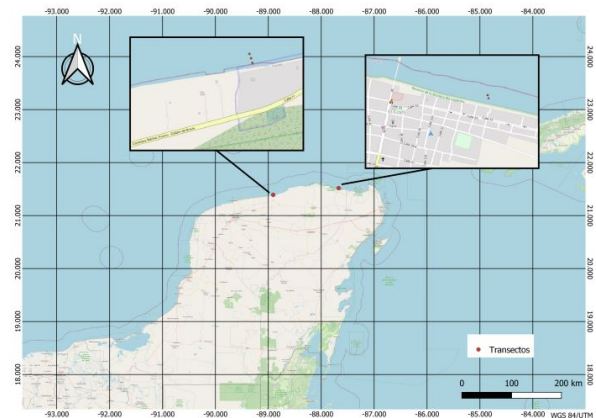


Figura 1: Mapa del área de estudio de Dzilam de Bravo (figura superior izquierda) y El Cuyo (figura superior derecha) y los sitios de muestreo.

muestreo paralelas a la playa, teniendo una separación de 20 m entre cada una, dando una distancia total de 60 m a línea de costa. Cada línea de muestreo contuvo tres transectos de 10 m separados por una distancia de 20 m entre ellos; cada transecto fue marcado cada 10 cm a través de una soga. Para la caracterización del sustrato, ocupamos una cámara Go Pro versión 8 para grabar un video por transecto desde el inicio hasta el final de la soga en el que se pudieran apreciar las marcas. Posteriormente, tomamos en cuenta lo que yaciera cada 10 cm por debajo de las marcas, identificamos el sustrato, según la composición las especies vegetales asociadas al mismo. Por otro lado, para la caracterización del megabentos submareal, ocupamos un cuadrante de 25 x 25 cm que colocamos en los metros 1, 3, 5, 7 y 9 de cada transecto y aplicado a cada una de las distancias 20 m, 40 m y 60 m, respectivamente. Dentro de cada uno de estos, observamos detenidamente entre las macroalgas en búsqueda de animales bentónicos y registramos tal acción en un video de 30 segundos como mínimo.

2.3. Procesamiento de datos

Con los datos obtenidos mediante el protocolo de muestreo calculamos el porcentaje de cobertura de diferentes especies de plantas marinas y macroalgas para cada distancia de la costa. Posteriormente estandarizamos los porcentajes (raíz cuarta) utilizando RStudio (versión 4.3.1). Después se calculó una matriz de disimilitud de Bray-Curtis con el paquete vegan (Oksanen et al., 2022), con la cual se realizó un análisis de escalamiento multidimen-

sional (MDS) no métrico con la paquetería MASS (Venables and Ripley, 2002).

3. Resultados

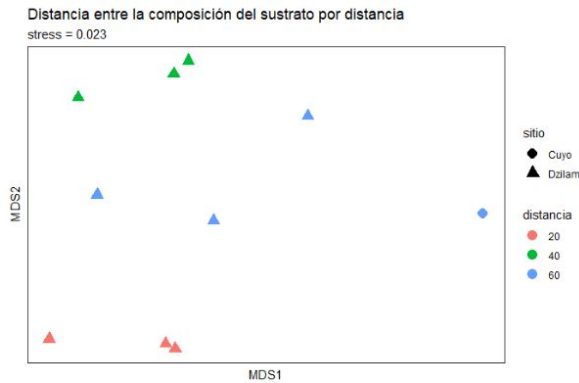


Figura 2: Composición del sustrato por distancia. Dzilam de Bravo (triángulo); El Cuyo (círculo).

Las variables consideradas fueron tipos de sustrato por localidad y por sitio, profundidad inicial por sitio y probabilidad de detección de fauna bentónica por localidad.

Como se observa en la Figura 2, registramos una mayor diversidad de sustratos en Dzilam de Bravo que en EL Cuyo. Estos varían parecen variar en su composición en función de la distancia a la línea de costa. Se aprecia que los sitios de las líneas de muestreo a 20 y 40 m son más similares entre sí que aquellos del sitio 60 m. Respecto a la profundidad del agua, ésta no fue muy disímil entre ambos sitios. Dzilam de Bravo, contó con 0.5, 1.4 y 1.53 metros de profundidad para los sitios 20, 40 y 60 metros, respectivamente. Por su parte, en El Cuyo se registró 0.7 m, 1.2 m y 2 m de profundidad.

En torno a la diversidad de sustratos por localidad ((figura 3), Dzilam de Bravo, estuvo representada por dos especies de pastos marinos (*Thalassia testudinum* y *Syringodium filiforme*) y siete especies de macroalgas (*Dictyota divaricata*, *Chaetomorpha linum*, *Halimeda monile*, *Caulerpa verticillata*, *Caulerpa prolifera*, *Caulerpa mexicana* y *Ulvaria oxysperma*), mientras que El Cuyo solo presentó arena. Cabe destacar pero hemos considerado *D. divaricata* (aún cuando la misma no está directamente asociada al sustrato) por su elevada cobertura. Ahora bien, respecto a la dominancia de tales sustratos en el sitio, se puede apreciar en la figura 4 que el sustrato con mayor cobertura fue

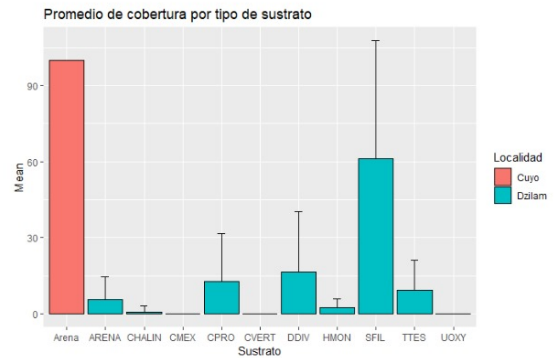


Figura 3: Promedio general de sustratos de Dzilam de Bravo (azul) y El Cuyo (rojo).

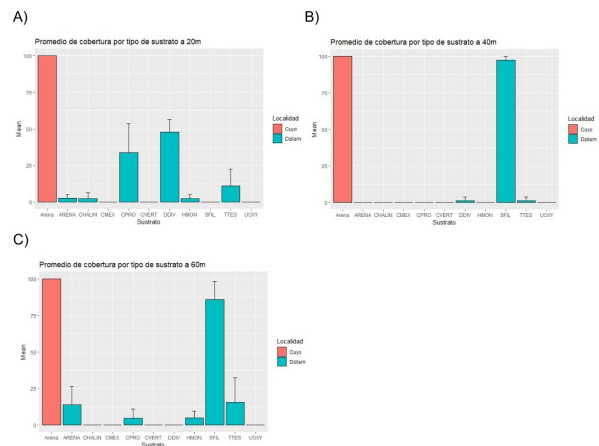


Figura 4: Cobertura de sustratos de Dzilam de Bravo (azul) y El Cuyo (rojo). A) Distancia de 20 m de la línea de costa; B) Distancia de 40 m de la línea de costa; C) Distancia de 60 m de la línea de costa.

S. filiforme, seguido por *D. divaricata*. No obstante, tal proporción difirió por sitio. El sitio a 20 metros fue dominado por *D. divaricata* seguida por *C. prolifera*, el sitio a 40 metros por *S. filiforme* casi por completo y el sitio a 60 metros por *S. filiforme* seguida por *T. testudinum*.

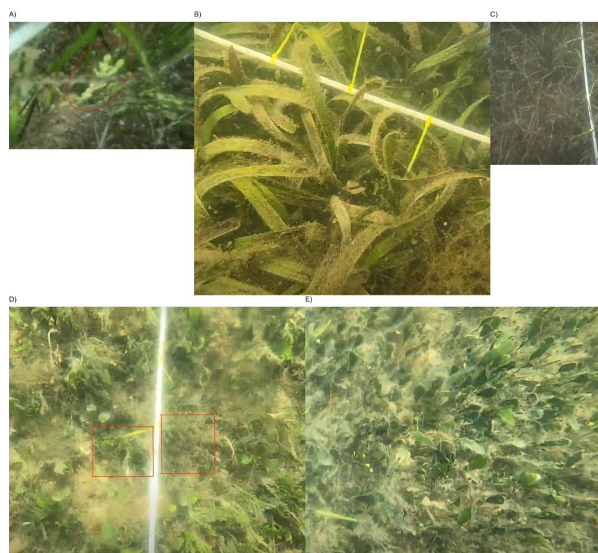


Figura 5: Vegetación bentónica de Dzilam de Bravo. A) *Halimeda monile*; B) *Thalassia testudinum*; C) *Syringodium filiforme*; D) *Chaetomorpha linum*; E) *Caulerpa prolifera*.

Finalmente, respecto al megabentos en Dzilam de Bravo, la probabilidad de detección de bivalvos fue de 0.11 mientras aquella de gasterópodos fue de 0.22. Cabe destacar que sólo obtuvimos valores para estos grupos dado que no registramos otros taxones. Por su parte, no hubo registro de ningún organismo en El Cuyo.

4. Discusión

Las diferencias en la composición del sustrato entre Dzilam de Bravo y El Cuyo son amplias, pues los resultados parecen reflejar tanto una mayor diversidad en las especies asociadas al sustrato como una mayor variación entre estas en función de la distancia a la línea de costa. En este marco, mientras que en Dzilam de Bravo se registraron dos especies de plantas marinas y siete especies de algas, en El Cuyo el único sustrato registrado fue arena. Inicialmente, parecería que nuestros resultados son contradictorios con la diversidad de macroalgas reportadas en El Cuyo por Aguilar-Trujillo, et al. (Aguilar-Trujillo et al., 2014) o los pastos marinos

identificados en el norte de la Península por Herrera-Silveira et al. en el libro de Biodiversidad y Desarrollo humano de Yucatán (García et al., 2010). No obstante, es posible que las distancias que hemos considerado en el muestreo de El Cuyo no hayan sido suficientes para abarcar zonas submareales con sustratos distintos a la arena. Por tanto, a partir de nuestros resultados, no podemos concluir información más allá de que en los primeros 60 m a partir de la línea de costa, el Cuyo cuenta con arena como sustrato único mientras que en Dzilam de Bravo existe una diversidad de sustratos constituida por pastos marinos y macroalgas.

Las causas para tal contraste entre ambos sitios pueden ser variadas. Debiéndose al establecimiento de la vegetación acuática, Calva-Benítez y Torres Alvarado (Calva-Benítez and Torres-Alvarado, 2011) refieren que tanto la cobertura como la distribución de ésta yacen determinadas por la salinidad, la luz, la temperatura, el tipo de sedimento, la fuerza del viento y la cantidad de materia orgánica disuelta y particulada. Por su parte, Robbins y Bell (Robbins and Bell, 2000) sugieren que la distribución de los pastos marinos también puede ser explicada por: características fisiológicas y de crecimiento, impactos del pastoreo, interacciones de competencia, la hidrodinámica del sitio, bioturbación, el tamaño de grano del sedimento y la profundidad del agua. Si bien nuestros resultados sugieren la última no representa una variable determinante para razonar las diferencias observadas, es recomendable medir más variables como las previas en aras de entender por qué en el Dzilam de Bravo sí existen pastos marinos en los primeros 60 metros a partir de la línea de costa mientras que en el Cuyo no.

Con base base a lo anterior, la diversidad de sustratos en Dzilam de Bravo podría dar indicios de la etapa sucesional en la que se encuentran, al menos, los primeros 60 metros de la zona submareal. Dada la alta cobertura *S. filiforme*, una especie pionera y oportunista como lo refieren Álvarez-Sánchez et al. (2021), respecto a la de *T. testudinum*, podríamos sugerir que la zona submareal en cuestión está en un proceso de sucesión temprana. La baja detección de organismos del macrobentos podría estar asociada a tal proceso. Por otro lado, nuestros resultados son concordantes con la literatura, pues observamos una mayor cantidad de algas en los sitios con menor cobertura de fanerógamas marinas (Sánchez et al., 2021) y detectamos diferencias

en la diversidad de sustratos entre las localidades estudiadas (García et al., 2010).

Sustratos como los pastos marinos son fundamentales para el sostenimiento de la fauna bentónica y la provisión de servicios ecosistémicos variados. Bajo una modificación de la metodología AGRRA, caracterizamos y comparamos la composición de sustratos en dos localidades del norte de la península de Yucatán y exploramos la probabilidad de detección de la fauna megabentónica. Encontramos que al menos en los primeros 60 metros de zona submareal, Dzilam de Bravo presenta una mayor diversidad de sustratos que El Cuyo y que estos varían en su composición en función de la distancia a la línea de costa. Asimismo, sugerimos que la dominancia de *S. filiforme* en Dzilam de Bravo subyace un proceso temprano de sucesión ecológica. Por otro lado, la probabilidad de detección de fauna bentónica fue baja para Dzilam de Bravo (probablemente debido a la supuesta etapa de sucesión) y nula para el Cuyo. Nuestros hallazgos secundan la heterogeneidad reportada en sustratos de pastos marinos a lo largo de la península de Yucatán y coinciden con la literatura hasta la fecha.

5. Agradecimientos

Agradecemos al Dr. Edlin Guerra y la Dra. María del refugio por su enseñanza, paciencia, alimentación y cuidadosa planeación del curso y por el financiamiento de la salida de campo.

References

- Aguilar-Trujillo, A.C., Okolodkov, Y.B., Merino-Virgilio, F., Osorio-Moreno, I., Herrera-Silveira, J., 2014. Variación espacial de dinoflagelados bentónicos/epifíticos en aguas costeras del norte de yucatán (agosto de 2011). Golfo de México. Contaminación, Impacto Ambiental, Diagnóstico y Tendencias 3, 147–160.
- C., T., Mendoza-González, G., Chiappa-Carrara, X., Badillo, M., Arceo-Carranza, D., Gallardo, A., 2020. Servicios ecosistémicos de las praderas de pastos marinos de la península de yucatán guía de.
- Calva-Benítez, L., Torres-Alvarado, R., 2011. Carbono orgánico y características texturales de sedimentos en áreas del pasto marino *thalassia testudinum* en ecosistemas costeros del sureste del golfo de México. Universidad y ciencia 27, 133–144.
- DIGAOHM, S., 2019. El cuyo, yucatán. URL: <https://digaohm.semar.gob.mx/derrotero/cuestionarios/cnarioCuyo.pdf>.
- García, D., González, M., Elena, M., et al., 2010. Biodiversidad y desarrollo humano en yucatán .
- Herrera-Silveira, J.A., Morales-Ojeda, S.M., Mendoza-Martínez, J.E., Medina-Gómez, I., Ramírez-Ramírez, J., Sandoval-Gil, J.M., Camacho-Ibar, V.F., 2019. Pastos marinos. Estado del ciclo del carbono: Agenda azul y verde , 150–177.
- Oksanen, J., Simpson, G.L., Blanchet, F.G., Kindt, R., Legendre, P., Minchin, P.R., O'Hara, R., Solymos, P., Stevens, M.H.H., Szoecs, E., Wagner, H., Barbour, M., Bedward, M., Bolker, B., Borcard, D., Carvalho, G., Chirico, M., De Caceres, M., Durand, S., Evangelista, H.B.A., FitzJohn, R., Friendly, M., Furneaux, B., Hannigan, G., Hill, M.O., Lahti, L., McGlinn, D., Ouellette, M.H., Ribeiro Cunha, E., Smith, T., Stier, A., Ter Braak, C.J., Weedon, J., 2022. vegan: Community Ecology Package. URL: <https://CRAN.R-project.org/package=vegan>. r package version 2.6-4.
- Robbins, B.D., Bell, S.S., 2000. Dynamics of a subtidal seagrass landscape: seasonal and annual change in relation to water depth. Ecology 81, 1193–1205.
- Rosado-Espinosa, L., Ortegón-Aznar, I., Ruiz Zárate, M., 2012. Caracterización estructural de los mantos algales como recurso natural explotable en el área natural protegida de dzilam de bravo, yucatán, México. URL: <http://hdl.handle.net/1834/36164>.
- Sánchez, L.M.Á., Daranas, B.M., Castro, L.M.P., 2021. Cobertura de pastos marinos asociado a factores ambientales, parque nacional cahuíta, costa rica. Revista Environment & Technology 2, 102–121.
- Sánchez-Molina, I., González-Ceballos, J., Zetina-Moguel, C., Casanova-Cetz, R., 2007. Análisis de la biodiversidad de algas marinas situadas entre uaymitún y chuburná, yucatán. Ingeniería 11, 43–51.
- Tagliapietra, D., Sigovini, M., 2010. Benthic fauna: collection and identification of macrobenthic invertebrates. Terre et Environnement 88, 253–261.
- Venables, W.N., Ripley, B.D., 2002. Modern Applied Statistics with S. Fourth ed., Springer, New York. URL: <https://www.stats.ox.ac.uk/pub/MASS4/>. ISBN 0-387-95457-0.