Revista Científica
Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia

Análisis de la asociación entre la estructura y composición de la comunidad vegetal de manglar, y los parámetros físico-químicos del agua en la Bahía La Graciosa, Izabal, Guatemala

Analysis of the association between the structure and composition of the plant community mangrove, and the physical and chemical parameters of water in the Bay La Graciosa, Izabal, Guatemala.

Méndez C[1] y Jiménez J[2]
[1]Escuela de Biología, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Universidad de San Carlos de Guatemala
[2]Consejo Nacional de Áreas Protegidas –CONAP–.
jimenez.jorge@usac.edu.gt
Recibido: julio, 2014 • Aceptado: octubre, 2014
DOI: https://doi.org/10.54495/Rev.Cientifica.v25i1.97
Licencia: CC-BY 4.0

Resumen

Se realizó la evaluación y la asociación entre la estructura (densidad, área basal y altura) y composición de las especies leñosas en la comunidad vegetal de manglar, y los parámetros físico-químicos del agua a nivel intersticial (pH, salinidad, conductividad, oxígeno disuelto, porcentaje de oxígeno y sólidos totales disueltos-TDS-) en nueve sitios alrededor de la Bahía La Graciosa, en Refugio de Vida Silvestre, Punta de Manabique, Izabal, Guatemala. La composición de la comunidad vegetal incluyó nueve especies. Las más abundantes fueron el mangle blanco (*Laguncularia racemosa*) y el mangle rojo (Rhizophora mangle), siendo esta última la especie dominante. Los análisis de escalamiento multidimensional no métrico (NMDS) y los diagramas de agrupamiento jerárquico de disimilitud de

Abstract

The aim was to evaluate the association between the structure (density, basal area and height) and composition of woody species in the mangrove community and physicochemical parameters of interstitial water (pH, salinity, conductivity, dissolved oxygen, oxygen percentage and total dissolved solids), in nine sites around La Graciosa Bay, at the Wildlife Refuge, Punta de Manabique, Izabal, Guatemala. The composition of the plant community included nine species. The most abundant were the white mangrove (Laguncularia racemosa) and red mangrove (Rhizophora mangle); the latter is the dominant species. The Non-metric Multidimensional Scaling (NMDS) analysis and hierarchical clustering diagrams from Morisita-Horn dissimilarity,

Morisita-Horn revelan que existe un patrón de distribución espacial de la riqueza de especies de acuerdo a los sitios de muestreo y que existe homogeneidad en la estructura de las especies y de los parámetros físico-químicos del agua intersticial en el sitio. Sin embargo, los análisis no evidencian que existe asociación entre la estructura y composición de las especies y los parámetros físico-químicos del agua. Sobre la relación entre las coordenadas geográficas, la riqueza y densidad de las especies se observaron valores estadísticamente significativos. Aunque la relación entre, la composición y estructura de la comunidad del manglar en la Bahía La Graciosa, y los parámetros físico-químicos analizados no es apoyada por los resultados obtenidos, existe evidencia de un patrón espacial en la distribución de la riqueza y densidad de especies en la comunidad vegetal, apoyado por la prueba de Mantel.

Palabras clave: Mangle, parámetros físico-químicos, Punta de Manabique, Izabal.

reveal that there is a spatial distribution pattern of species richness according to the sampling sites and reveal that there is homogeneity between the structure of species and physicochemical parameters of interstitial water in the site. However, the analysis did not show an association between the species structure and composition, and physicochemical parameters of water. Statistically significant values were observed regarding the relationship between geographical coordinates and the richness and density of species. There is evidence of a spatial distribution pattern of species richness and density in the plant community supported by the Mantel test. Although the relationship between composition and community structure of the mangrove in La Graciosa Bay, and the analyzed physicochemical parameters is not supported by the results obtained.

Keywords: Mangrove, physicochemical parameters, Punta de Manabique, Izabal.

Introducción

Los bosques de manglar están constituidos por árboles capaces de soportar períodos de inundación frecuentes y amplias variaciones de salinidad. Los manglares se consideran no sustituibles, debido a su singularidad y grado de adaptación a ambientes adversos, características logradas a través de millones de años de evolución con el medio (Pool, Lugo y Snedaker, 1975). A nivel biológico, tienen un papel importante en el ciclo del carbón dado que son sumideros de CO2 y fuentes de carbón oceánico (Alongi, 2002). Son hábitat de una gran diversidad de especies de mamíferos, aves, reptiles, peces, moluscos, insectos y microorganismos (Pool, Snedaker y Lugo, 1977). A nivel socio-económico, proporcionan a las comunidades humanas locales productos forestales como carbón, leña, madera y materiales para la construcción. Por su productividad, sustentan recursos pesqueros y constituyen sitios de anidación, alimentación y reproducción para peces, cangrejos, camarones y moluscos. Proveen protección a las zonas costeras, dispersando la energía generada por tempestades, oleadas y vientos fuertes (CONABIO, 2009; López-Portillo et al., 2011). Los manglares de la zona marino-costera del Caribe de Guatemala tienen un considerable valor ambiental y económico. No obstante, las condiciones del ecosistema se están deteriorando por la intensa presión humana local (MARN, 2009). Lo anterior, aunado a la vulnerabilidad de la zona ante fenómenos naturales, genera efectos adversos en el complejo manglar-estuario, entre los que destacan: 1. reducción en la diversidad y calidad de sus recursos; 2. disminución de la capacidad de amortiguamiento de los mangles hacia los efectos de las inundaciones por disminución de cobertura vegetal y la erosión acelerada de los suelos; 3. contaminación del agua, suelo y aire ocasionado por el mal manejo de desechos sólidos y aguas negras humanas; 4. disminución de la abundancia de las especies de interés comercial, con la consecuente disminución de ingresos para pescadores artesanales y su pérdida de calidad de vida (Flores-Verdugo, 1989). Esta situación se profundiza con el desconocimiento de la dinámica particular de los ensambles de manglar del Caribe Guatemalteco, por lo que se buscó estudiar la asociación entre la estructura y composición de la comunidad vegetal de manglar con los parámetros físico-químicos del agua a nivel intersticial en nueve sitios de la Bahía la Graciosa.

Materiales y Métodos

Área de estudio

La Bahía La Graciosa está localizada en el departamento de Izabal, en la Costa del Caribe, dentro del Refugio de Vida Silvestre Punta de Manabique. Es una laguna costera poco profunda, rodeada de bosques de manglar (Arrivillaga y Baltz, 1999). Los sustratos arenosos dominan la boca de la bahía, mientras que el interior está dominado por sustratos de limo y arcilla. Tiene una profundidad media de dos metros, con una profundidad máxima de nueve metros. El rango de mareas es pequeño con un máximo de un metro. La principal influencia de agua dulce que la Costa del Caribe recibe proviene de Río Dulce. La particularidad del área se debe a la configuración, posición geográfica, relaciones orográficas, naturaleza del sustrato y nivel freático muy alto. La hidrología de la Reserva está directamente afectada por la dinámica en la parte alta del Río Motagua. Parte del

material que acarrea, está constituido por desechos y aguas servidas recogidas a lo largo de su recorrido, especialmente de la Ciudad Capital de Guatemala y las zonas agrícolas del Valle del Motagua. El trabajo erosivo y la acumulación de aluviones son elementos clave en la interpretación de la dinámica de la Punta de Manabique como una gran llanura de inundación (CECON-CDC, 1992).

Levantamiento de información

Se ubicaron las coordenadas geográficas de nueve sitios de muestreo alrededor de la Bahía La Graciosa. El método de muestreo empleado fue el cuadrante a un punto central de Cottan y Curtis (1956) modificado para manglares por Cintrón (1982) (Figura 1). Consistió en un transecto lineal de 200 m paralelo a línea de la costa de 10 puntos en total, dejando 20 metros entre puntos. En cada punto se colocó una cruceta de madera de un metro de largo sobre un poste vertical fijo al suelo. La cruceta definió cuatro cuadrantes al infinito y en cada cuadrante se midió la distancia en metros del árbol (o fuste) más cercano al centro de la cruceta (el punto central) y el perímetro a la altura del pecho en centímetros con una cinta métrica. Se identificó la especie de cada árbol y su altura aproximada. Se midieron cuatro árboles por punto (Agraz-Hernández et al., 2006). Se colectaron cinco individuos de cada especie de mangle en los sitios de muestreo con la finalidad de verificar la identidad de las especies. En cada transecto se tomaron diez muestras del agua a nivel intersticial (entre 10-15 cm por debajo del nivel del suelo) por medio de un nucleador de sedimentos (López-Portillo com Pers., 2012). A las muestras de agua se les midió temperatura (°C), pH, sólidos totales disueltos (TDS, mg/l), salinidad (g/l), conductividad (mS/cm), oxígeno disuelto (mg/l) y porcentaje de oxígeno (%) utilizando una sonda multiparamétrica HACH HQ40d.

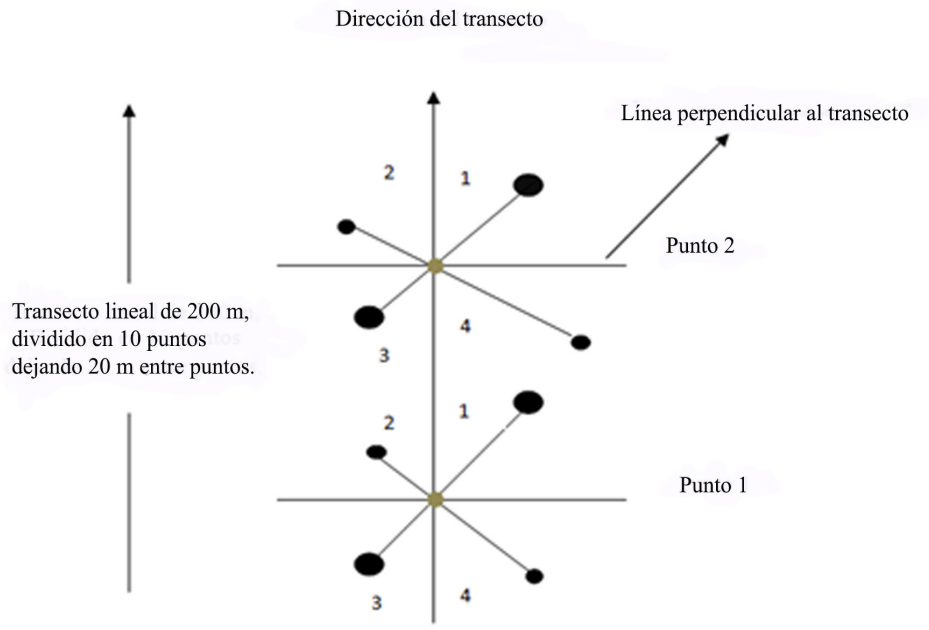

FIGURA 1

Esquema del método de muestreo (cuadrante a un punto central de Cottan y Curtis, modificado por Citrón) que fue utilizado en el estudio de la comunidad de manglar en la Bahía la Graciosa. Esquema modificado de Agraz-Hernández y colaboradores (2006).

Análisis de la estructura y composición de especies en la comunidad de manglar

La estructura (Krebs, 2000) de la comunidad de manglar se expresó en términos de densidad, área basal y altura. La densidad se calculó de la siguiente manera: i) Se obtuvo la distancia promedio de las 40 mediciones en metros; ii) Se elevó al cuadrado dicha distancia; iii) Se aplicó el inverso a la distancia elevada al cuadrado (1/m2) y este valor se multiplicó por 10,000. Este valor dio como resultado el número de árboles por metro cuadrado y al multiplicarlo por 10,000 se obtuvo el número de árboles (fustes) por hectárea (densidad absoluta de la comunidad de manglar); iv) Del total de puntos (40) se calculó el porcentaje de cada especie. Esto dio como resultado, la densidad relativa de cada especie (Agraz-Hernández et al., 2006). Para calcular el área basal de cada árbol se midió la circunferencia o perímetro del árbol o fuste con una cinta métrica común, el valor obtenido (en cm) se elevó al cuadrado y se dividió entre 4 x pi (=12.566). Para obtener el área basal promedio de cada especie de manglar se obtuvo el promedio de las áreas basales (Agraz-Hernández et al., 2006). Finalmente con los resultados obtenidos de las frecuencias de las especies por transecto se calculó el inverso del índice de dominancia de Simpson.

Análisis de los parámetros físico-químicos del agua

En los nueve sitios de muestreo alrededor de la Bahía La Graciosa, se colocó un transecto lineal paralelo a la línea de la costa de 200 m. Cada transecto se dividió en 10 puntos en los cuales se midieron los siguientes parámetros físico-químicos del agua por medio de una sonda multiparamétrica HACH HQ40d a nivel intersticial (entre 10-15 cm por debajo del nivel de los sedimentos): temperatura, pH, salinidad, conductividad, TDS, nivel de agua y oxígeno disuelto. El agua intersticial fue tomada con un nucleador de sedimentos (López-Portillo com Pers., 2012). Todos los datos fueron anotados en una boleta de campo. Los resultados fueron anotados en una base de datos en Microsoft Excel. Se realizó los promedios de todas las variables físico-químicas en los nueve transectos y se presentaron en tablas.

Análisis de la relación entre la estructura y la composición de especies en la comunidad de manglar y los parámetros físico-químicos

Se realizaron tres análisis de ordenación multivariante, denominados análisis de escalamiento multidimensional no métrico –NMDS–, por medio del paquete estadístico R (R Development Core Team). El primer análisis de NMDS se realizó para comparar la composición de especies en los nueve transectos. El segundo análisis de NMDS para comparar los resultados de las variables estructurales de las especies (densidad, área basal y altura) y el último NMDS para comparar los parámetros físico-químicas del agua intersticial en los nueve transectos. Para cada análisis de NMDS se calculó la tensión y R2, y se realizó un análisis de agrupamiento jerárquico de disimilitud de Morisita-Horn para observar mejor las agrupaciones de los transectos de acuerdo a sus disimilitudes. Para evaluar la asociación entre, la estructura (densidad, área basal y altura) y la composición de especies, y los parámetros físico-químicos del agua (temperatura, pH, salinidad, conductividad, TDS y oxígeno disuelto de agua intersticial) se calculó un coeficiente de correlación de Spearman (Sheskin, 2004) por medio del paquete estadístico R (R Development Core Team). Se realizó un análisis de regresión de Mantel con base a las distancias euclidianas para las coordenadas geográficas y las distancias de Bray-Curtis para las abundancias de las especies (Leps

y Smilauer, 2010) con el objetivo de buscar evidencia de un patrón espacial sobre la distribución de los datos.

Resultados

Composición de familias y especies en la comunidad vegetal de manglar

La mayoría de plantas pudieron ser identificadas taxonómicamente a nivel de especie, aunque otras solamente hasta género y familia (Tabla 1). *R. mangle* (mangle rojo) y *L. racemosa* (mangle blanco) estuvieron presentes en los nueve transectos, lo que representa una frecuencia del 100%. *Chrysobalanus icaco* fue vista en un 66% y *Pterocarpus officinalis* en un 44.44%. El género *Hampea* y las familias Celastraceae, Flacourtiaceae y Fabaceae presentaron el menor número de observaciones y la menor frecuencia representada por un 11.11% del total de observaciones. La Figura 2 muestra que los transectos uno al cuatro presentaron la mayor riqueza de especies y los transectos cinco al nueve presentaron la menor riqueza de especies.

Tabla 1.

Composición de especies y familias presentes en la comunidad vegetal de manglar en Bahía La Graciosa. Número de individuos y frecuencia (%) observada de cada especie.

Especie	Nombre	Familia	n.	Frecuencia (%)
1	*Rhyzophora mangle*	Rhizophoraceae	291	100
2	*Laguncularia racemosa*	Combretaceae	22	100
3	*Chrysobalanus icaco*	Chrysobalanaceae	13	66.66
4	*Pterocarpus officinalis*	Fabaceae	16	44.44
5	*Symphonia globulifera*	Clusiaceae	3	11.11
6	Hampea sp.	Malvaceae	1	11.11
7	-	Celastraceae	1	11.11
8	-	Flacourtiaceae	1	11.11
9	-	Fabaceae	2	11.11

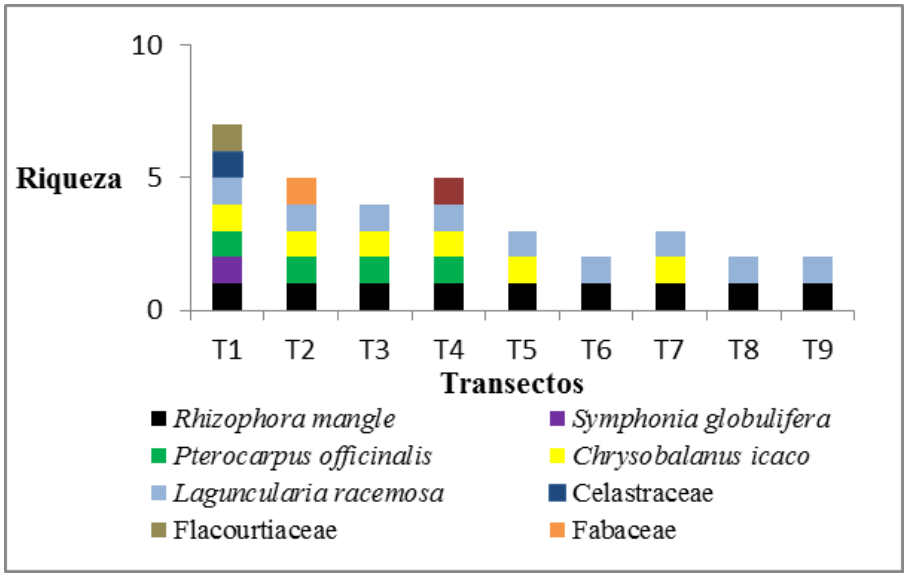

FIGURA 2

Riqueza de las especies de árboles presentes en nueve transectos en la Bahía La Graciosa.

Estructura de la comunidad vegetal

En la Tabla 2 se presentan los valores de los promedios obtenidos de las variables estructurales de las especies vegetales observadas. Las variables estructurales observadas son: altura, profundidad, área basal, densidad, inverso de dominancia de Simpson y coordenadas geográficas. La relación u ordenación entre los sitios de muestreo con base en la composición de las especies, se presenta por medio de un análisis de NMDS en la Figura 3 (tensión = 0.03 y R2 = 0.99). Se observa en la Figura 3 la ordenación de los transectos en dos grupos. El primero contiene a los transectos T1, T2, T3, T4 y el segundo a los transectos T5, T6, T7, T8 y T9. Estos resultados se soportan con el diagrama de agrupamientos jerárquico a partir de valores de disimilitud de Morisita-Horn, en donde se observa la formación de estos grupos. El segundo análisis NMDS (tensión = 0.05 y R2=0.98, figura no presentada aquí) se realizó para analizar los valores de la estructura de la comunidad vegetal registrados en los nueve transectos en la Bahía La Graciosa. En este se observa que existe homogeneidad en la estructura de las especies (densidad, área basal y altura de las especies) en los nueve transectos. El tercer análisis NMDS (tensión = 0.04, R2=0.99) fue realizado para evaluar la relación u ordenación de los sitios de muestreo con base en los parámetros físico-químicos registrados. También se observó homogeneidad entre los sitios de muestreo con base en estos parámetros. Estos resultados concuerdan con el diagrama de agrupamiento jerárquico de Morisita-Horn en donde se observa que existe una baja disimilitud de los parámetros físico-químicos del agua intersticial en los nueve transectos estudiados.

Tabla 2.

Promedio y desviación estándar de la estructura de la comunidad de manglar en los nueve transectos dentro de La Bahía La Graciosa. Coordenadas geográficas (grados de latitud y longitud), inverso de la dominancia de Simpson, densidad (árbol/Ha), área basal (m2), profundidad (m) y altura (m).

Transecto	Long.	Lat.	Inverso D. de Simpson	Densidad (m)	Área Basal (m2)	Profundidad (m)	Altura (m)
T1	-88.536	15.876	3.17	371	218.613±112.132	0.58±0.272	11.48±6.135
T2	-88.514	15.870	1.86	297	120.899±88.939	0.55±0.137	8.93±2.484
T3	-88.509	15.856	1.48	313	164.352±72.812	0.67±0.214	8.93±3.342
T4	-88.491	15.849	1.82	308	126.715±63.077	0.42±0.118	8.1±2.726
T5	-88.500	15.835	1.16	328	146.478±48.0.39	0.65±0.129	8.0±1.972
T6	-88.513	15.837	1.05	483	169.657±32.912	0.63±0.111	9.83±1.970
T7	-88.530	15.841	1.16	280	180.745±34.279	0.72±0.141	8.3±2.655
T8	-88.542	15.848	1.12	642	254.621±92.035	0.51±0.208	9.23±3.008
T9	-88.560	15.853	1.05	641	163.241±88.081	0.58±0.114	8.55±2.478

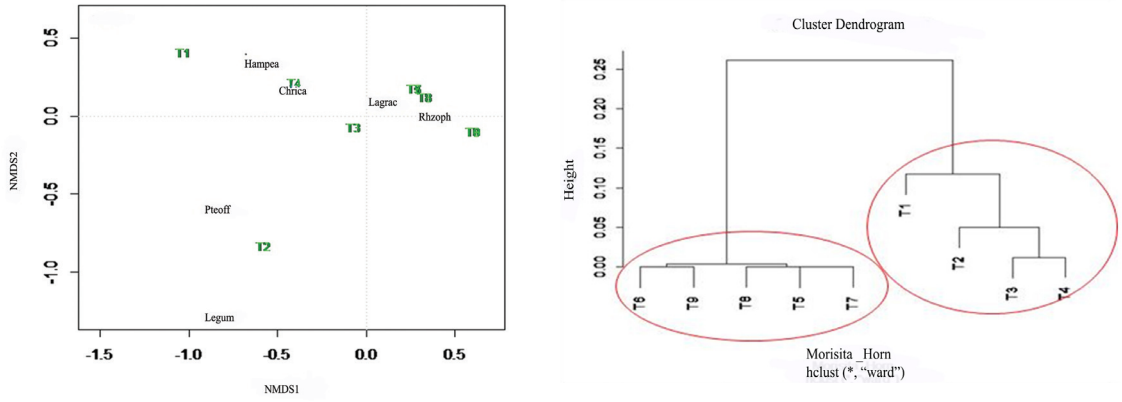

FIGURA 3

a) Análisis de ordenación NMDS (tensión = 0.04 y R2 = de 0.98) de los transectos de estudio en la comunidad de manglar con base en la composición de especies vegetales leñosas. b) Análisis de agrupamiento jerárquico de Morisita-Horn de la composición de especies de árboles de mangle en los nueve transectos muestreados en la Bahía La Graciosa.

La relación entre la estructura y composición de la comunidad de manglar y los parámetros físico-químicos del agua en la Bahía La Graciosa.

Se realizaron análisis de correlación de Spearman entre cada uno de los parámetros físico-químicos que se muestran en la Tabla 3, la estructura y composición de la comunidad vegetal de manglar en la Bahía

La Graciosa. Los resultados presentan evidencia de que no existe asociación entre las variables analizadas. Sin embargo, existe evidencia de asociación entre la estructura de la comunidad y las coordenadas geográficas, evaluada con el análisis de correlación de Mantel a partir de distancias euclidianas, para las coordenadas geográficas, y disimilitud de Bray-Curtis, para la densidad y riqueza de especies. El coeficiente de correlación de Spearman para esta asociación es de -0.709, indicando una correlación negativa, moderadamente fuerte, entre las coordenadas de longitud y la densidad de las especies con una significancia de 0.033; y una correlación positiva de 0.778 entre la coordenada latitud y la riqueza de especies, con una significancia de 0.013. Estos resultados se resumen en la Tabla 4.

Tabla 3

Promedio y desviación estándar de los parámetros físico-químicos del agua en los nueve transectos dentro de la Bahía La Graciosa. (pH., Sal (g/l).= Salinidad., Temperatura (Celsius), Prof. (m) = Profundidad, Oxígeno (%)= porcentaje de oxígeno, Ox. Dis (mg/l)= Conduc., TDS (mg/l).

Transecto	pH	Sal. (g/l)	Temperatura (C°)	Prof (m)	Oxígeno (%)	Ox.Dis. (mg/l)	TDS (mg/l)
T1	7.46 ± 0.249	24.48 ± 1.706	26.42 ± 0.405	0.57 ± 20.344	43.26 ± 22.219	3.47 ± 1.785	23.50 ± 1.737
T2	7.64 ± 0.272	31.17 ± 0.388	27.38 ± 0.248	0.55 ± 14.337	67.23 ± 8.347	5.3 ± 0.657	29.95 ± 0.368
T3	7.92 ± 0.113	28.84 ± 0.562	27.57 ± 0.444	0.67 ± 12.285	87.69 ± 7.675	6.86 ± 592	27.75 ± 0.548
T4	7.88 ± 0.179	30.56 ± 0.784	29.41 ± 0.566	0.42 ± 12.363	56.49 ± 15.534	4.34 ± 1.186	29.36 ± 0.715
T5	7.71 ± 0.151	22.14 ± 0.276	28.57 ± 0.471	0.65 ± 13.431	20.43 ± 15.890	1.56 ± 1.228	21.40 ± 1.197
T6	7.94 ± 0.043	31.92 ± 0.345	27.65 ± 0.306	0.63 ± 11.605	87.12 ± 3.384	6.83 ± 1.278	30.62 ± 0.332
T7	7.89 ± 0.066	29.79 ± 0.406	27.69 ± 0.296	0.72 ± 14.539	83.63 ± 8.546	6.52 ± 2.128	28.63 ± 0.383
T8	7.65 ± 0.360	25.75 ± 0.481	27.92 ± 0.282	0.51 ± 17.397	48.44 ± 5.863	3.8 ± 1.560	24.84 ± 0.471
T9	7.89 ± 0.144	32.95 ± 0.826	29.44 ± 0.391	0.58 ± 11.957	89.65 ± 16.864	7.01 ± 3.893	31.52 ± 0.732

Tabla 4

Coeficientes de correlación de Spearman y significancia estadística entre las coordenadas geográficas de los sitios de estudio y la estructura (densidad y riqueza de especies) de la comunidad de manglar en la Bahía La Graciosa.

Variables correlacionadas	Spearman (r)	Significancia (p)
longitud-densidad de especies	-0.709	0.033
latitud-riqueza de especies	0.778	0.013

Discusión

La comunidad de manglar en la Bahía La Graciosa se conforma principalmente de dos especies de mangle: el mangle rojo, *Rhizophora mangle,* y el mangle blanco, *Laguncularia racemosa*. También se encontraron otras especies vegetales, aunque con frecuencias bajas. Los resultados evidencian que la disminución de la riqueza de especies en la Bahía La Graciosa ocurre desde el punto uno, cercano a la desembocadura del rio Motagua, hacia el punto nueve en dirección a Puerto Barrios. Según Lugo y Snedaker (1974), los ensambles de manglar dominados por *R. mangle* se encuentran asociados con los mayores niveles de inundación. Esta asociación es debida a que posee adaptaciones morfológicas y fisiológicas que le ha permitido ocupar hábitats bajo condiciones especiales, inestables y con baja concentración de oxígeno, en ambientes salinos y salobres. Generalmente *R. mangle*, se encuentra en las condiciones de mayor inmersión del suelo y de menor salinidad, entre 0 a 37 g/l, con tolerancia de hasta 65 g/l (Cintrón et al., 1978; Pool et al., 1977), considerándose como una especie pionera en los límites terrestres y marinos. Al observar los rangos de salinidad en la Bahía La Graciosa se puede observar que varía entre 22.14 y 32.95 g/l (Tabla 3). Este rango de salinidad se encuentra dentro de los valores promedio a los cuales R. mangle está adaptada para crecer y desarrollarse. El mangle blanco (*L. racemosa*) se observó en los nueve transectos en la Bahía La Graciosa. Según Agraz-Hernández y colaboradores (2006), esta especie es encontrada en las condiciones de mayor inmersión del suelo, mayor tiempo de residencia del agua y de menor salinidad, entre 0 a 42 g/l, con tolerancia hasta de 80 g/l. Esta especie generalmente comparte zonas de estuario de ríos o formaciones de arena con *R. mangle* y crece en una amplia variedad de suelos: arenosos, arcillosos o limosos. Esta especie presenta un mecanismo de excreción de las sales, así como lenticelas en sus neumatóforos para captar el oxígeno atmosférico (Agraz-Hernández et al., 2006).

Un factor muy importante para comprender mejor la estructura y composición de la comunidad vegetal de manglar podría ser la salinidad (Tabla 3). El trabajo de López-Portillo y colaboradores (2011) proponen que existe un gradiente de complejidad estructural asociado a la salinidad del agua representado en una disminución progresiva en las medidas de altura y área basal de especies, diferenciando así un manglar estuarino de un manglar hipersalino achaparrado. A pesar de estas observaciones, no se encontró evidencia de asociación entre la salinidad y la composición y estructura de la comunidad de manglar, en la Bahía La Graciosa, utilizando los análisis de ordenación NMDS y de correlación de Spearman.

El origen biogeográfico de las especies y del área del Caribe de Guatemala también contribuye a explicar la dominancia de *R. mangle*. Esta especie ha adquirido adaptaciones importantes a través de millones de años de evolución que han determinado su tolerancia a la salinidad y la inundación (Day et al., 1986; Duke, 1992). Los cambios ocurridos en el Mioceno, hace aproximadamente 16 millones de años, provocaron que un considerable número de elementos florísticos y faunísticos desaparecieran de la cuenca del Caribe debido a un evento de cambio climático, progresivo hacia climas secos estacionales. Según Van der Hammen (1957, 1961), en el Mioceno, se produjo un aumento notable de Rhizophora sp., que pasó a ser el elemento dominante y determinante de la fisionomía de los manglares del Caribe (Thanikaimoni, 1987). A partir de ese momento las Rhizophora del Nuevo Mundo

evolucionaron separadamente, originándose tres especies (*R. mangle, R. racemosa y R. harrisonii*) diferentes de las cuatro asiáticas (*R. apiculata, R. mucronata, R. stylosa y R. lamarckii*). Los otros componentes importantes, Avicennia y Laguncularia, aparecieron en el Mioceno y Plioceno, respectivamente, quedando así configurada la composición taxonómica típica de los manglares actuales.

Los suelos formados bajo *R. mangle*, se caracterizan por un elevado pH, alta relación carbono/nitrógeno y alto contenido en azufre oxidable, nitrógeno, fósforo y carbono. Tales suelos pasan a ser muy ácidos cuando se cambia su uso para cultivos agrícolas (Novelo, 2008). Como puede observarse en los resultados de los promedios de los parámetros físico-químicos del agua, el rango de pH observado se encuentra entre 7.64 y 7.94, lo cual corresponde a un pH básico (Tabla 3). Estos valores de pH no presentaron evidencia de asociación con la estructura y composición de las especies al analizar las correlaciones de Spearman. Estos valores básicos de pH sugieren que la comunidad de manglar en la Bahía La Graciosa aun presenta condiciones estables para el mantenimiento de los procesos biológicos y ecológicos. Los suelos básicos proporcionan alimento, nutrientes y sustrato para microorganismos que son parte de la cadena alimenticia de muchas especies de importancia comercial como camarones, cangrejos y peces por lo que al no realizar un plan de manejo apropiado de los recursos en el área, este podría ser afectado, creando un desequilibrio ecológico (Travieso-Bello, 2000).

La composición de especies en los nueve transectos en la Bahía La Graciosa mostró evidencia de ordenación en dos grupos (Figura 3). El primero conteniendo los transectos T1, T2, T3, T4 y el segundo a los transectos T5, T6, T7, T8 y T9. Estos resultados concuerdan con el diagrama de agrupamiento jerárquico de los transectos con base en la disimilitud de Morisita-Horn, por lo que podría existir una disminución de la riqueza de especies de acuerdo a la disposición espacial. Al observar estos resultados es evidente que la disminución de las especies en la Bahía La Graciosa ocurre desde el punto uno cercano a la desembocadura del Río Motagua hacia el transecto nueve, en dirección hacia Puerto Barrios. Esta formación de grupos no pudo ser explicada apoyándose en los parámetros físico-químicos analizados en este estudio, sin embargo, podría explicarse por las características de los sedimentos y la hidrología del área. La formación de los grupos con base en la composición de especies concuerda con la ubicación de la Laguna Santa Isabel, la parte final del río San Francisco del Mar y la Laguna Jabalí, que a su vez se encuentran comunicados con el Canal Inglés. La existencia de estas lagunas y canales provoca que la península de Punta de Manabique estacionalmente se convierta en una isla, separada del continente por medio de una franja acuática angosta. Este hecho podría provocar que la hidrología y el proceso de sedimentación en la Bahía sea diferente en ambos sitios, y por lo tanto, exista también diferencia en la riqueza y densidad de las especies de mangle presentes. Aunado a esto, cabe mencionar que La Bahía La Graciosa se ve fuertemente influenciada por desechos sólidos y aguas servidas recogidas a lo largo del recorrido del Río Motagua, especialmente de la Ciudad de Guatemala y las zonas agrícolas. Los desechos provenientes de aguas servidas que ingresan a la bahía podrían estar ejerciendo cambios en la estructura y composición de la comunidad de manglar y de otras comunidades vegetales, como los pastos marinos, que al igual que los manglares, se caracterizan por albergar grandes cantidades de organismos de importancia ecológica, que mantienen el equilibrio del ecosistema,

y albergan especies de interes comercial. Según Huaylinos y colaboradores (2003), la estructura de las comunidades biológicas en general y sus variaciones cuantitativas y cualitativas, están determinadas por las condiciones del ambiente actuales, el potencial biótico y la resistencia ambiental de sus componentes. Las características más importantes para los ecosistemas de manglar son principalmente la salinidad del agua, la duración y frecuencia de las inundaciones, la textura y nutrientes de los sedimentos, la altura de las aguas y temperatura, entre otras (Snedaker, 1982).

La homogeneidad de los parámetros físico-químicos del agua intersticial en los nueve transectos analizados en la Bahía La Graciosa revela que estos se mantuvieron constantes durante el período de estudio y no contribuyen a explicar la estructura y composición de las especies. Sin embargo, al observar cierto patrón de disminución de la riqueza de especies de acuerdo a la disposición espacial, se procedió a realizar una prueba de Mantel a partir de las distancias euclidianas para las coordenadas geográficas y de las disimilitudes de Bray-Curtis para la composición y estructura de las especies. La existencia de un patrón de distribución espacial de la densidad y riqueza de especies fue apoyada por la prueba de Mantel, expresada como un coeficiente de correlación de Spearman (Tabla 4). Este patrón no es explicado por los parámetros físico-químicos del agua analizados en este estudio, sino por una distribución espacial y, posiblemente, otros parámetros no considerados. Según las correlaciones de Spearman, se observa que mientras aumenta la longitud geográfica, la densidad de las especies, como una de las medidas de la estructura de la comunidad, disminuye, y mientras aumenta la latitud geográfica aumenta la riqueza de especies.

Es necesario realizar mayores esfuerzos para conocer las variables que podrían determinar la estructura y composición de las especies de mangle en la Bahía La Graciosa. Para conocer más sobre esta pregunta ecológica es necesario contar con datos de los parámetros físico-químicos del agua a nivel intersticial en un plazo más largo en donde se incluya a la época seca y lluviosa. También de incluirse otras variables, que por razones económicas, no fueron consideradas en ese estudio, tales como concentraciones de nutrientes (fosfatos y nitratos) y la textura y composición de nutrientes en los sedimentos. Según Snedaker (1982), los manglares más productivos se desarrollan en lodo fino, compuesto de arcilla y alto porcentaje de materia orgánica. Los suelos que contienen mayores porcentajes de materia orgánica están generalmente dominados por *R. mangle*. Este dato podría sugerir que en la Bahía La Graciosa, la riqueza y densidad de las especies están determinadas por la textura y composición de nutrientes en los sedimentos. Las altas concentraciones de fosfatos y nitratos son indicadores del impacto que las actividades humanas ejercen sobre los ecosistemas acuáticos (Twilley et al., 1986; Ward y Twilley, 1986).

El fósforo contenido en los fosfatos es un elemento esencial para el mantenimiento de la vida acuática y es considerado como un factor limitante. Un exceso en el mismo puede incrementar las tasas metabólicas, provocando una disminución en la concentración de oxígeno disuelto, y desencadenando un proceso eutrófico (Martínez, 2006). Su presencia indica la presencia de residuos de detergentes y fertilizantes. El agua con altas concentraciones de nitratos es indicador de contaminación por aguas residuales y puede representar un riesgo para la salud de los seres humanos. La presencia de altas concentraciones de nitratos puede deberse a la alta concentración de materia vegetal y animal y a la descarga de agroquímicos de los fertilizantes (Sobrado, 2004).

Las comunidades humanas en La Graciosa, han convivido con el humedal utilizando los recursos terrestres y acuáticos a una escala que pareciera sostenible. Algunas de estas comunidades han basado la totalidad de su actividad económica en la producción del carbón, quienes realizan por lo menos 15 carboneras al año, y a la pesca. Entre las especies arbóreas que utilizan para la producción de carbón se pueden mencionar el icaco blanco (*C. icaco*), cahué (*P. officinalis*), guama (*Inga fissicalix*), caribe (*Poulsenia armata*), guastamajaine (Fam. Leguminosae), y malagueta (*Xilopia frutescens*), entre otras (FUNDARY/ ONCA, 2001). Las primeras dos especies mencionadas fueron reportadas en este estudio pero con frecuencias muy bajas lo que podría sugerir que este resultado es debido a la tala desmedida de estas especies para la producción de carbón. Además, se estima que el 90% de las viviendas de las comunidades en la Bahía La Graciosa y Santa Isabel están construidas con recursos forestales maderables y no maderables provenientes del árbol de nombre común Barillo (*Symphonia globulifera*) (FUNDARY/ONCA, 2001), la cual también fue encontrada dentro de la comunidad de manglar en la Bahía La Graciosa, pero sus frecuencias fueron muy bajas. Posiblemente su utilización para la construcción de viviendas ha producido la disminución de sus poblaciones.

A partir de la década de 1960, ganaderos han realizado quema de bosques, incluyendo manglares para implementar la producción de ganado (FUNDARY/ONCA, 2001). Dichas actividades productivas, en la forma en que se realizan, deterioran cada vez más los recursos naturales, erosionan el suelo, reducen la cobertura boscosa y reducen la cantidad y calidad del agua de las cuencas, lo que no permite un desarrollo adecuado de las comunidades humanas. Debido a las actividades anteriormente mencionadas, es de vital importancia que las autoridades encargadas de la protección y manejo de esta área protegida, junto con las comunidades que habitan alrededor de la Bahía realicen trabajo en conjunto para desarrollar planes de manejo adecuados y eficientes para normar el uso y explotación de los recursos del área, antes de que sea demasiado tarde.

Agradecimientos

Agradecemos al Dr. Jorge López Portillo del INECOL, Universidad de Veracruz, México por su asesoría en la elaboración de este trabajo de tesis. Al Dr. Juan F. Hernández y al Lic. Claudio Méndez por la revisión de la tesis y a la Dra. Maura Quezada por su apoyo en el análisis de datos. Agradecemos a Carla del Cid y Marlon Vásquez por su apoyo en la toma de datos en el campo. Al Herbario BIGU, de la Escuela de Biología de la USAC, por el préstamo del equipo que se utilizó para la toma de datos en el campo.

Referencias

Agraz-Hernández, C., Noriega-Trejo, R., López-Portillo, J., Flores-Verdugo, F. J y Jiménez-Zacarías, J. (2006). *Guía de campo. Identificación de Manglares en México*. México: Universidad Autónoma de Campeche.

Alongi, D. M. (2002). Present state and future of the world´s mangrove forests. *Environmental Conservation, 29*(3), 331–349. https://doi.org/10.1017/S0376892902000231

Arrivillaga, A. y Baltz, D. (1999). Comparison of fishes and macroinvertebrates on seagrass and bare-sand sites on Guatemala´s Atlantic coast. *Bulletin of marine science, 65*, 301–309.

Blasco, F. (1988). *Estudio sobre los manglares y de la vegetación tropical utilizando*

datos proporcionados por satélites. Institute de la Carte Internacionale de la Vegetation. Inst. Interna. Map. Vegetation. Francia.: University of Paul Sabtier.

Centro de Estudios Conservacionistas-CECON-, Centro de Datos para la Conservación-CDC-. (1992). Estudio técnico de Punta de Manabique. Universidad de San Carlos de Guatemala. 79.

Cintrón, G. (1982). *Mangrove forest: ecology and response to natural and man induced stressors*. Sao Paulo: UNESCO.

Cintrón, G., Lugo A., Pool, D., & Morris, G. (1978). Mangroves of arid environments in Puerto Rico and adjacent islands. *Biotropica, 10*(2), 110–121. https://doi.org/10.2307/2388013

CONABIO. (2009). *Manglares de México: extensión y distribución*. 2ª. Edición. México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.

Day, J., Conner, W., Ley-Lou F. & R., Machado, A. (1986). The productivity and composition of mangrove forests, Laguna de Términos, México. *Aquatic Botany*, 267–284. https://doi.org/10.1016/0304-3770(87)90046-5

Duke, N.C. (1992). Mangrove floristics and biogeography, in Tropical Mangrove Ecosystems. A.I. Robertson and D.M. Alongi, Eds. Washington: American Geophysical Union. https://doi.org/10.1029/CE041p0063

Flores-Verdugo, F.J. (1989). Algunos aspectos sobre la ecología, uso e importancia de los ecosistemas de manglar. *Temas de Oceanografía Biología en México*. Universidad Autónoma de Baja California, Ensenada.

FUNDARY (Fundación Mario Dary Rivera) y ONCA (Organización Nacional para la Conservación del Ambiente). (2001). *Plan maestro 2002-2006 del área de protección especial Punta de Manabique*. Guatemala: Consejo Nacional de Áreas Protegidas / Fundación Mario Dary Rivera. 91.

Hammen, T. van der. (1957). Climatic periodicity and evolution of South American Maestrichtian and Tertiary floras. *Bulletin of Geology V,* 49–91.

Hammen, T. van der. (1961). The Quaternary climatic changes of Northern South America. *Annal of the New York Academy of Sciences, 95,* 676–683. https://doi.org/10.1111/j.1749-6632.1961.tb50066.x

Hebrew University of Jerusalem. (1984). The ecosystem of the mangal: General considerations. In I. Dor ed. Hydrology of the mangal. Jerusalem: The Hague Br. W. Junk Pub.

Huaylinos, W., Quispitúpac, E. y Martínez, N. (2003). Variabilidad fisicoquímica y fisiográfica del ecosistema de manglar San Pedro-Vice (Piura-Perú). *Revista del Instituto de Investigaciones de la Facultad de Geología, Minas, Metalurgia y Ciencia Geográfica, 6*(11), 7–19.

Krebs, C.J. (2000). *Ecology: the experimental analysis of distribution and abundance*. Nueva York: Harpery Row Publishers, 816.

Leps, J. & Smilauer, P. (2003). *Multivariate analysis of ecological data using CANOCO*. Cambridge: Cambridge University Press, 283. https://doi.org/10.1017/CBO9780511615146

López-Portillo, J., Martínez, M.L., Hesp, P., Hernández, J.R., Méndez, A.P., Vásquez-Reyes, V., Gómez, L.R., Jiménez-Orocio, O. y Gachuz, S. L. (2011). *Atlas de las Costas de Veracruz. Manglares y dunas costeras.* Xalapa, Veracruz, México: Nelly Palafox.

Lugo, A. & Snedaker C. (1974). The ecology of mangroves. *Annual Review. of Ecology, Evolution, and Systematics, 72*(5), 39-64. https://doi.org/10.1146/annurev.es.05.110174.000351

Martínez, O. (2006). Determinación de la calidad fisicoquímica del agua del Canal de Chiquimulilla en la Reserva de Usos Múltiples Monterrico. Guatemala: USAC.

Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN). (2009). *Política para el manejo integral de las zonas marino costeras de Guatemala*. Guatemala: MARN.

Novelo, R.A. (2008). *Plantas acuáticas de la Reserva de Biósfera Pantanos de Centla.* México: UNAM, 262.

Pool, D., Lugo, A. & Snedaker, S. (1975). *Litter production in mangrove forests of southern Florida and Puerto Rico.* In G. Walsh, S. Snedaker, and J. Teas (Eds.) Proceedings of the International Symposium on and Agriculture Biology and Management of Mangroves. Institute of Food and Agriculture Sciences, University of Florida, Gainesville.

Pool, D., Snedaker, S. & Lugo, A. (1977). Structure of mangrove forests in Florida, Puerto Rico, México and Central America. *Biotropica, 9,* 195–212. https://doi.org/10.2307/2387881

R Development Core Team. (2010). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Viena, Austria. Recuperado de http://www.R-project.org/.

Sheskin, D. (2004). Parametric and non-parametric statistical procedures. United States of America: Chapman & Hall/CRC Company. https://doi.org/10.1201/9781420036268

Snedaker, S. C. (1982). Mangrove species zonation: why?. In: Sen D.N and Rajpurohit (Eds) *Tasks for Vegetation Sciencie:* The Hague. https://doi.org/10.1007/978-94-009-8037-2_8

Snedaker, S. C., & Brown, M. S. (1981). Water quality and mangrove ecosystem dynamics. EE.UU.: EPA, Office or Researchand Development, Gulf Breeze, Fl, *EPA, 600*,4-81.

Sobrado, M. A. (2004). Influence of external salinity on the osmolality of xylem sap, leaf tissue and leaf gland secretion of the mangrove Laguncularia racemosa (L.) Gaertn. *Trees 18*, 422–427. https://doi.org/10.1007/s00468-004-0320-4

Thanikaimoni, G. (1987). *Mangrove palynology.* Pondicherry: PNUD/UNESCO y el Instituto Francés de Pondicherry.

Travieso-Bello, A.C. (2000). *Biodiversidad del paisaje costero de La Mancha, Actopán, Veracruz.* Xalapa: Instituto de Ecología.

Travieso-Bello, A.C. (2000). *Biodiversidad del paisaje costero de La Mancha, Actopán, Veracruz.* Xalapa: Instituto de Ecología.

Twilley, R., Ejdung, G., Romare, P. & Kemp, M. (1986). A comparative study of decomposition, oxygen consumption and nutrient release for selected aquatic plants ocurring in an estuarine environment, *OIKOS, 47*,190–198. https://doi.org/10.2307/3566045

Ward, L.G. & Twilley, R. (1986). Seasonal distributions of suspended particulate material and dissolved nutrients in a coastal plain estuary, *Estuaries, 9*,156–168. https://doi.org/10.2307/1352127

Copyright (c) 2015 C. Méndez y J. Jiménez

Este texto está protegido por una licencia *CreativeCommons 4.0*.

Usted es libre para Compartir —copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato— y Adaptar el documento —remezclar, transformar y crear a partir del material— para cualquier propósito, , incluso para fines comerciales, siempre que cumpla la condición de:

Atribución: Usted debe dar crédito a la obra original de manera adecuada, proporcionar un enlace a la licencia, e indicar si se han realizado cambios. Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que tiene el apoyo del licenciante o lo recibe por el uso que hace de la obra.

Resumen delicencia - *Textocompletodelalicencia*