

Distribución espacial de las especies de mangle y su asociación con los tipos de sedimentos del sustrato, en el sector estuarino del Humedal Nacional Térraba-Sierpe, Costa Rica

Raquel Marcela Barrantes Leiva¹ & Alexis Cerdas Salas²

1. Instituto Costarricense de Electricidad, Proyecto Hidroeléctrico El Diquís. Área Forestal, Buenos Aires, Puntarenas, Costa Rica; mbarrantesl@ice.go.cr
2. Instituto Costarricense de Electricidad, Área de Perforación y Servicios Conexos, San José, Costa Rica; acerdas@ice.go.cr

Recibido 11-VIII-2014. Corregido 20-XI-2014. Aceptado 22-XII-2014.

Abstract: Spatial distribution of mangrove species and their association with the substrate sediment types, estuarine sector Térraba-Sierpe National Wetlands, Costa Rica. This research describes the floristic composition and spatial distribution of the main mangroves species and other associated flora present in the estuarine sector of Térraba-Sierpe National Wetland, Costa Rican Pacific. Field survey consists of 1 127 points and 77 sampling points of 60x10m. Results of composition, structure and distribution of mangrove in HNTS exhibits a pattern or species zonation. We found variation from the coast to mainland and from the fringe or estuaries to the interior tidal flats. The species *Rhizophora racemosa* and *Pelliciera rhizophorae* showed greater spatial and continuous distribution, with the highest values of abundance (45.44% and 39.92% respectively), frequency (88.31% and 74.03%) and mangrove area (7 670.73ha and 5 824.94ha). The mangrove fern, *Acrostichum aureum*, was the third most important species, meanwhile, *Avicennia* spp., *Rhizophora mangle* y *Laguncularia racemosa* showed a segregated distribution or a tendency to local conglomeration, *Talipariti tiliaceum* var. *pernambucense*, *Mora oleifera* y *Conocarpus erectus* were found in very localized areas and other species were considered companions with low contribution to the total coverage. The dependence was confirmed between the presence of mangrove species and sediment type substrate. The species *Avicennia* spp. and *L. racemosa* tend to be distributed in sandy substrates more easily than the other species whose distribution is more homogeneous on muddy substrates. Rev. Biol. Trop. 63 (Suppl. 1): 47-60. Epub 2015 April 01.

Key words: Correlation, association, mangrove swamp, vegetation, sediment, estuarine, Térraba, Sierpe, granulometric, floristic composition, coverage.

Los manglares son considerados de vital importancia para los ambientes y ecosistemas costeros que forman bosques extensos y productivos dónde las condiciones son convenientes (Labrada, 2005). La mayoría de las especies del mangle crecen dentro de un estrecho rango de hábitat, por lo que cualquier cambio en las condiciones de éste puede producir un cambio en la composición de las especies (Labrada, 2005). Numerosos factores medioambientales afectan el crecimiento y distribución de los manglares, tales como el clima, sobre todo la lluvia, la tasa de sedimentación, el régimen de las mareas, la acción de las olas, la salinidad,

historia geológica (e.g. Aksornkoae, Maxell, Havanond & Panichsuko, 1992; Jiménez, 1999), y la frecuencia de las inundaciones (e.g. Jiménez & Sauter, 1991; Cunha, Tognella-De-Rosa & Costa, 2006). Específicamente en lo relativo a la acumulación de sedimentos en los bosques de manglar, Kathiresan (2003) determina que éstos juegan un papel significativo como trampas de sedimentos que reducen los flujos de mareas e inducen la sedimentación de las partículas del suelo en la marea baja.

Por lo tanto, estos ecosistemas de manglar muestran una estrecha relación entre la distribución de la vegetación y los hábitat

geomorfológicamente determinados. La estructura y composición de los manglares está influenciada por varios gradientes ambientales, los cuales responden, sea directa o indirectamente a patrones morfológicos particulares y a procesos físicos, antes mencionados. Adicionalmente, la vegetación puede cambiar a través del tiempo tanto como cambian las morfologías de acreción o erosión (Woodroffe, 1992).

Por tanto comprender la evolución física de estos hábitats a nivel de la estructura actual del bosque, para intentar al menos predecir la distribución de las especies vegetales futura en función de potenciales cambios en la distribución del tipo de sedimento en el Humedal Nacional Terraba Sierpe (HNST). Boto & Wellington (1984) coinciden también en la necesidad de estudiar a profundidad los diferentes factores que pueden controlar o influir en la productividad y la diversidad en los manglares. Sin embargo, afirman que es sorprendente que los factores edáficos en los manglares han recibido relativamente poca atención dado que las características del sustrato deben ser considerados por ejercer uno de los controles más directos sobre estos sistemas. Al momento presente, han surgido muchas más investigaciones que involucran las características de los suelos en los manglares, entre ellas las de Jiménez y Sauter (1991), Jiménez (1994), Feller, McKee, Whigham & O'Neill (2002), Benítez (2007) y Castaño, Urrego y Bernal (2010). Sin embargo, en la mayoría de éstos estudios no se proporciona correlaciones a nivel gráfico de la asociación sustrato-especie y se limitan a una descripción cualitativa de tal asociación.

Es así como la presente investigación se desarrolló en el marco del Estudio de Impacto Ambiental (EsIA) del Proyecto Hidroeléctrico El Diquís (PHED) del Instituto Costarricense de Electricidad (ICE), con el objetivo principal de establecer la distribución y el grado de asociación de las especies de mangle con el tipo de sustrato, de modo que el conocimiento adquirido proporcione los insumos necesarios que sirvan de base para la elaboración de propuestas encaminadas a la restauración del bosque de manglar si fuese pertinente.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio: El sitio investigado corresponde al sector estuarino del Humedal Nacional Terraba-Sierpe (HNST), con una extensión de 18 488ha, ubicado en la desembocadura de los ríos Terraba y Sierpe en el litoral del Pacífico Sur, en los distritos de Puerto Cortés, Sierpe y Palmar, cantón de Osa, provincia de Puntarenas.

Muestreo de la vegetación: Constó de 1 127 puntos distribuidos a lo largo de los recorridos por los canales (puntos en la margen del canal) y el interior de las planicies de inundación del manglar, además de 77 parcelas de 600m² (60m x 10m) ubicadas sobre siete transectos de 3km de longitud promedio. Los puntos de muestreo fueron demarcados mediante el uso de un GPS, marca Garmin 60 CSxy en cada uno de ellos se registró la especie de mangle dominante o el tipo de cobertura vegetal para cada cambio notorio de dicha cobertura (Fig. 1).

Los siete transectos se orientaron con dirección del continente hacia la costa (este-oeste), dado que en este modo fluye el río y sus canales hasta su desembocadura y a lo largo de esta se presentan por lo tanto las mayores variaciones de los diferentes gradientes físicos (salinidad, temperatura, carga de sedimentos en suspensión, velocidad del agua, entre otros). Adicionalmente, la orientación abarca los diferentes patrones morfológicos (canales, planicies de inundación, barras, esteros, lagunas, barrera costera) y procesos modeladores de la morfología costera, tales como el arrastre del río, flujo y refluo mareal, embate del oleaje y corrientes marinas.

En cada parcela, se contabilizó el total de individuos mayores a 5cm de DAP (Diámetro a la Altura del Pecho) y para cada uno de ellos se identificó la especie arbórea, se estimó la altura máxima, mínima y media del dosel, así como el número de estratos o capas de vegetación. Adicionalmente se registraron otras especies de flora que se encontraron dominando la parcela conjuntamente con las especies arbóreas. Se

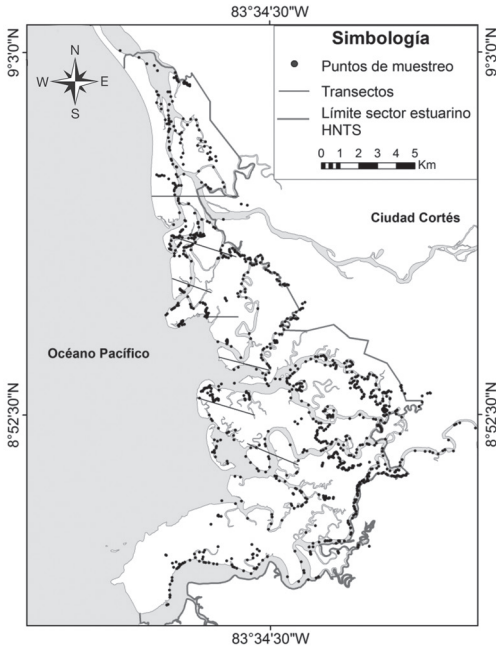


Fig. 1. Distribución de los transectos y puntos de muestreo de la vegetación en el sector estuarino del HNTS. ICE-PHED, trabajo de campo 2008-2009.

Fig. 1. Distribution of transects and vegetation sampling points in the estuarine HNTS sector. ICE-PHED, field work 2008-2009.

determinaron parámetros absolutos y relativos de la abundancia y frecuencia de las especies arbóreas según Lamphrecht (1990). Las densidades fueron clasificadas según el criterio empleado por Nin (1981). La información geográfica y de vegetación fue incorporada en un sistema de información geográfica (SIG) debidamente georeferenciada y ligada a una base de datos elaborada con los parámetros obtenidos de las parcelas y puntos de muestreo.

Elaboración del mapa de distribución de especies de mangle y otras coberturas vegetales: A partir de la información obtenida en los puntos y parcelas de muestreo (especie dominante, densidad y altura del dosel) se realizó la corroboración de la fotointerpretación y categorización de las diferentes zonas de vegetación del sector estudiado a escala 1:10000, volcadas en polígonos georeferenciados,

utilizando como base cartográfica las imágenes CARTA 2005 (PRIAS-CENAT) y también Quick Bird 2008, como apoyo para la delimitación de la línea de costa.

Muestreo de los sedimentos: Se usaron las bases de datos de la campaña geológica (ICE & UCR, 2005) realizada por estudiantes de la Universidad de Costa Rica, que constó de la recolección de 417 muestras, una por kilómetro cuadrado como mínimo y otras en los sitios que implicaban un cambio notorio en el tipo de sedimento de sus vecindades (Fig. 2). La obtención de las muestras fue por medios manuales utilizando palines y recogidas en bolsas plásticas para ser llevadas al Laboratorio de Geotécnica de la Escuela Centroamericana de Geología, UCR, donde se realizó el tamizaje correspondiente, a través de las mallas 1-in, 3/4-in, 1/2-in, No. 4, No. 10, No. 20, No. 40, No. 60, No. 100 y No. 200 (según denominaciones

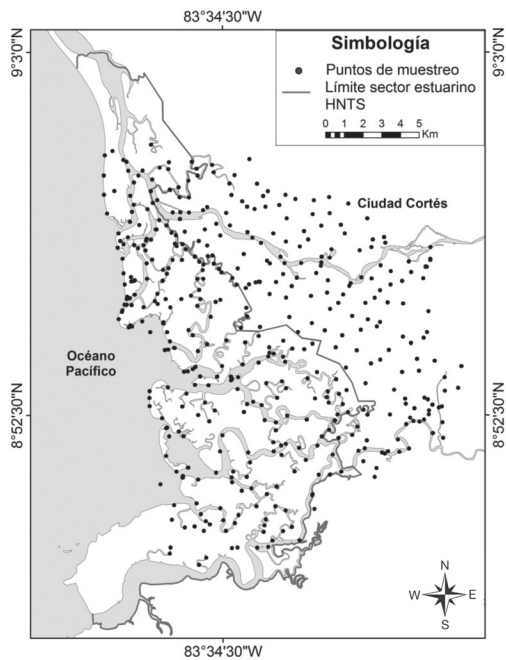


Fig. 2. Distribución de los puntos de muestreo de los sedimentos en el sector estuarino del HNTS. Fuente: Base de datos campaña geológica (ICE & UCR, 2005).

Fig. 2. Distribution of sediments sampling points in the estuarine HNTS sector. Source: Geological campaign database (ICE & UCR, 2005).

estándar ASTM # D422-66). En general la profundidad de los muestreos alcanzó como máximo 30 cm, los cuales fueron validados y correlacionados con cortes de erosión en taludes de hasta 3 m de altura. Para la clasificación del tipo de sedimento y la debida nomenclatura se utilizó el método de Folk (1954, 1974), el cual se determinó mediante un ploteo de los datos de porcentaje obtenidos en un gráfico ternario (Fig. 3).

Elaboración del mapa granulométrico de los tipos de sedimentos: Se usó como base cartográfica las fotografías aéreas de los años 1960, 1995, 1992, 1997, 2003, las cuales fueron interpretadas para determinar las variaciones, en los rasgos geomorfológicos y sedimentológicos dados en este período de tiempo, el cual abarca aproximadamente 40 años (Espinoza et al., 2005). Lo anterior produjo un mapa de facies y ambientes sedimentológicos al que se le superpuso los resultados de la clasificación granulométrica de los sedimentos de las

muestras recolectadas durante el 2005, debidamente ubicados y georeferenciados.

Correlación: El grado de asociación espacial de los tipos granulométricos y las especies de mangle se mostró mediante la combinación de los mapas raster correspondientes, contruidos con pixeles de 50m x 50m. Los valores de coincidencia (“combine”) en el número de pixeles de una especie determinada y una granulometría específica son analizados en términos de frecuencia, con los cuales se realizó exploración estadística de probables correlaciones que se pueden observar mediante los histogramas de frecuencia, cuyas frecuencias absolutas variaron desde 0 hasta 11 753 coincidencias. La prueba de distribución chi-cuadrado para determinar la dependencia entre las variables tipo de sustrato y especies de vegetación, por limitaciones propias del estadístico, se aplicó únicamente a la combinación de variables cuyo valor de coincidencia excedía a cinco. De este modo las coberturas vegetales probadas

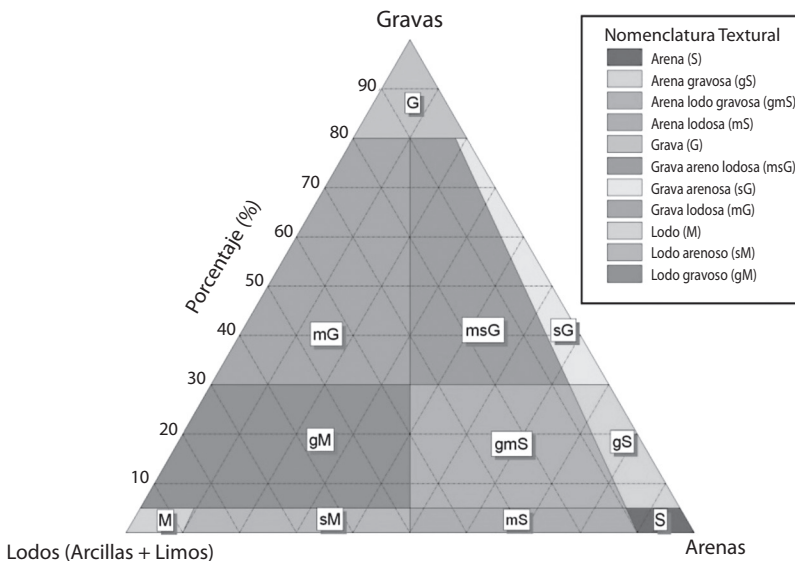


Fig. 3. Clasificación de Folk (1954), utilizada para la nomenclatura de los sedimentos analizados en el sector estuarino del HNTS. (Espinoza et al., 2005).

Fig. 3. Folk (1954) classification used for sediment analyzed nomenclature in the estuarine HNTS sector. (Espinoza et al., 2005).

fueron *Avicennia* spp., *Pelliciera rhizophorae*, *Rhizophora racemosa*, *Laguncularia racemosa* y *Rhizophora mangle* en sus asociaciones con lodo, lodo arenoso, arena y arena lodosa.

RESULTADOS

Distribución granulométrica de los sedimentos: El sustrato sobre el cual se instalan las diferentes especies de mangle del HNTS corresponde con cinco diferentes tipos texturales, según su granulometría, denominados de lo más a fino a lo más grueso así: lodo, lodo arenoso, arena, arena lodosa y arena lodo gravosa. Los lodos y lodos arenosos representan el 49% y 39% del área del sector estuarino del HNTS, respectivamente. Es decir que los sedimentos finos ocupan el 88% de la superficie estudiada y en el restante 12% el sustrato es de grano grueso, específicamente arenoso con contenidos variables de lodo o gravas (Fig. 4).

Composición florística: En el sector estuarino del Humedal Nacional Térraba-Sierpe se registraron las siguientes especies de mangle: *Rhizophora racemosa* (mangle rojo caballero), *Pelliciera rhizophorae* (mangle piñuela), *Rhizophora mangle* (mangle rojogateador), *Laguncularia racemosa* (mangle mariquita), *Avicennia* spp. (palo de sal) y *Conocarpus erectus* (mangle botoncillo). Otras

especies de flora asociadas que se identificaron fueron *Mora oleifera* (alcornoque), *Talipari tiliaceum* var. *pernambucense* (majagua), *Acrostichum aureum* (negraforra), *Dalbergia browni* (mucal), *Tabebuia palustris* (pie de paloma) y *Pisonia aculeata* (uña de tigre).

R. racemosa y *P. rhizophorae* presentan los mayores valores de abundancia relativa, con el 45.44% y el 39.92% respectivamente. Al mismo tiempo, muestran altos valores de frecuencia (88.31% y 74.03%), lo que determina que son especies con distribución horizontal continua de acuerdo con el criterio expresado por Lamprecht (1990). *R. mangle*, *Avicennia* spp. y *L. racemosa* poseen abundancias y frecuencias bajas, lo que indica una tendencia a la conglomeración local. Por otra parte, *Mora oleifera*, *Talipariti tiliaceum* var. *pernambucense*, *Tabebuia palustris* y las especies riparias registradas en las parcelas de muestreo presentan una abundancia y frecuencia relativamente baja en comparación con las especies mencionadas anteriormente (Cuadro 1).

Distribución de especies de mangle y otras coberturas vegetales: En el sector estuarino del HNTS se determinó la presencia de varias coberturas vegetales, correspondientes con: bosque primario intervenido, principalmente fuera del área de protección del humedal, vegetación costera, pastizal, cultivo

CUADRO 1

Abundancia y frecuencia según especie florística, en el sector estuarino del HNTS, 2005-2006

TABLE 1

Abundance and frequency according to floristic species in the estuarine HNTS sector, 2005-2006

Especie	Abundancia absoluta (Nº de individuos)	Abundancia relativa (%)	Frecuencia absoluta (%)
<i>Rhizophora racemosa</i> G. Mey.	1 983	45.44	88.31
<i>Pelliciera rhizophorae</i> Triana & Planch.	1 742	39.92	74.03
<i>Rhizophora mangle</i> L.	234	5.36	16.88
<i>Avicennia</i> spp.	216	4.95	15.58
<i>Laguncularia racemosa</i> (L.) C. F. Gaertn.	113	2.59	7.79
<i>Mora oleifera</i> (Triana) Ducke	13	0.30	3.90
<i>Talipariti tiliaceum</i> var. <i>pernambucense</i> (Arruda) Fryxell.	11	0.25	3.90
Otras especies	52	1.18	13.00
Total	4 364	100.00	-

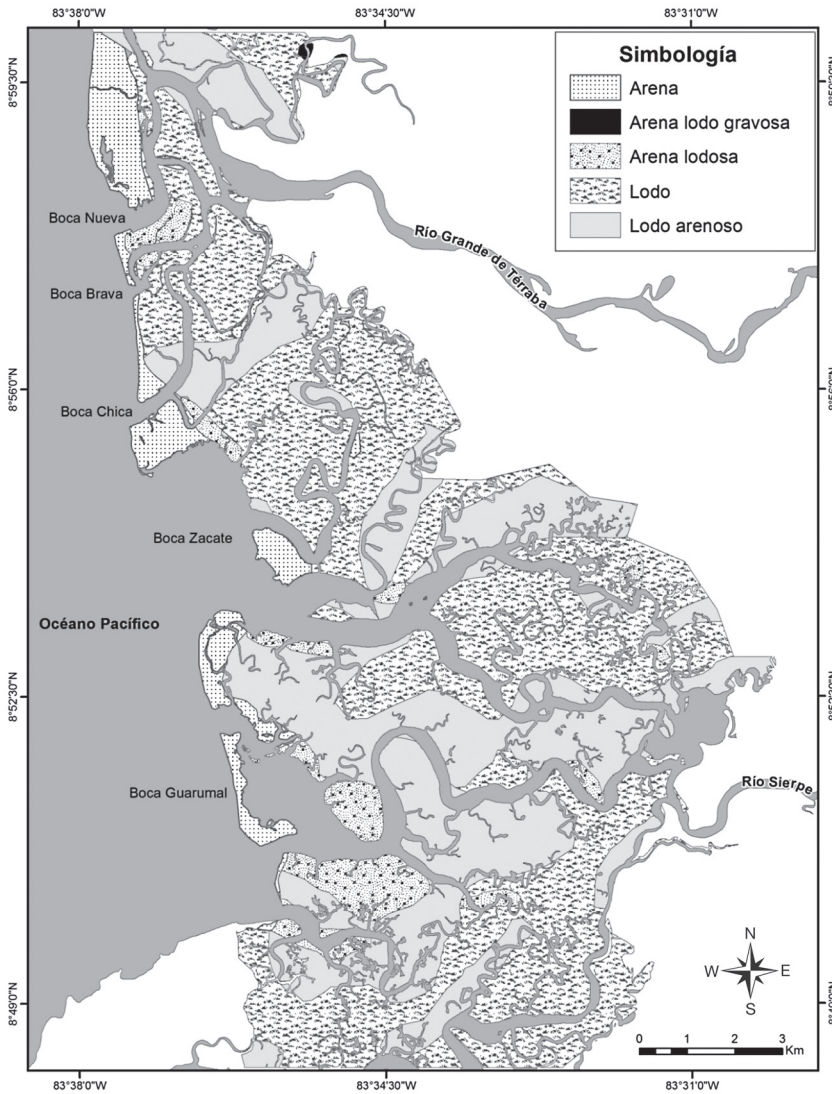
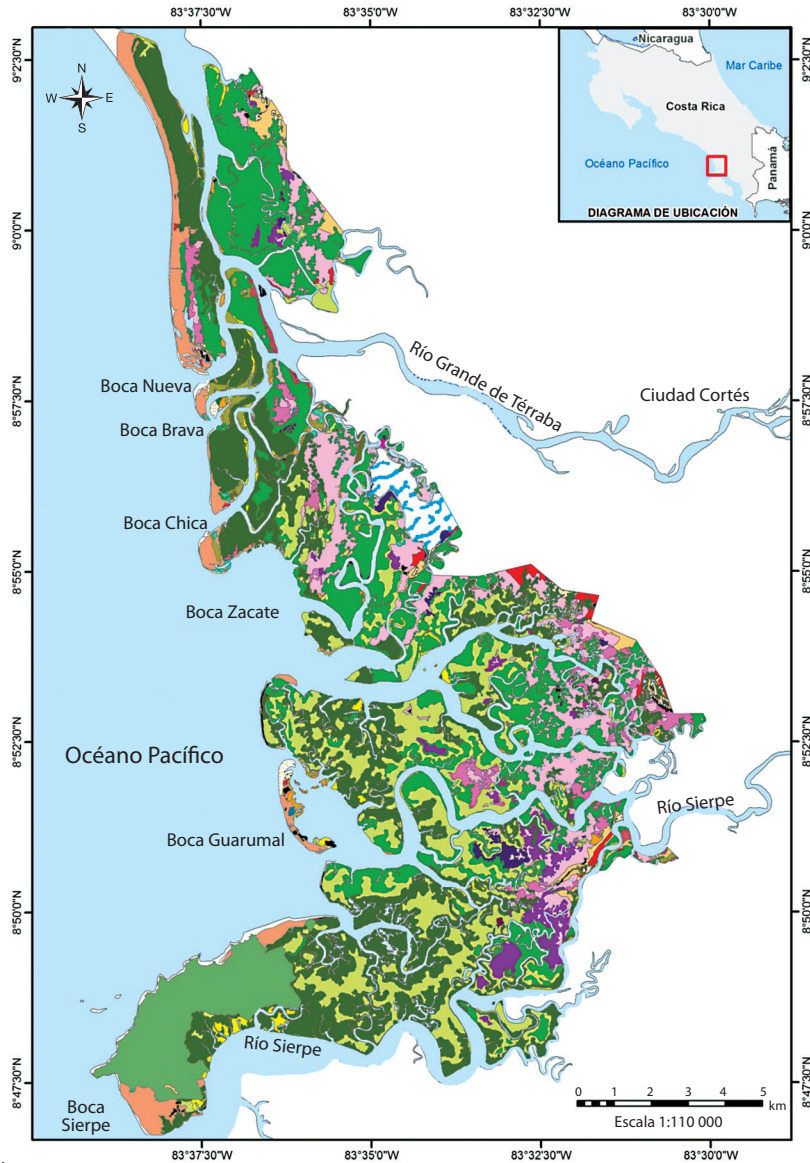


Fig. 4. Distribución granulométrica de los tipos de sedimento en el sector estuarino del HNTS. Fuente: Base de datos campaña geológica (ICE & UCR, 2005).

Fig. 4. Granulometric distribution of sediment types in the estuarine HNTS sector. Source: Geological campaign database (ICE & UCR, 2005).

agrícola, pastizal arbolado, vegetación ribereña, cercas vivas, bosque secundario, charral medio y manglar. Específicamente, la cobertura de manglar está compuesta por bosque de mangle y la vegetación asociada, que abarca un área de 12033.96ha, en donde predomina en algunos casos una sola especie y en otras dos o tres especies (Fig. 5).

La mayor parte del área de estudio está cubierta por *R. racemosa* y *P. rhizophorae*, que son las especies de mangle que muestran una mayor distribución espacial abarcando un área de 7670.73ha y 5824.93ha correspondientemente, ya sean en rodales monoespecíficos o mixtos. Espacialmente éstas dos especies se muestran de forma diferenciada de acuerdo a



Simbología

<i>Acrostichum aureum</i>	Bosque primario intervenido	Pastizal
<i>Acrostichum aureum</i> (negrafora) - <i>Avicennia</i> spp.	Camaronera	Pastizal arbolado
<i>Acrostichum aureum</i> (negrafora) - <i>Avicennia</i> spp. - <i>Rhizophora racemosa</i>	Cercas vivas	<i>Pelliciera rhizophorae</i>
<i>Acrostichum aureum</i> (negrafora) - <i>Conocarpus erectus</i>	Charral medio	<i>Rhizophora mangle</i>
<i>Acrostichum aureum</i> (negrafora) - <i>Mora oleifera</i>	<i>Conocarpus erectus</i>	<i>Rhizophora racemosa</i>
<i>Acrostichum aureum</i> (negrafora) - <i>Pelliciera rhizophorae</i>	Cuerpo de agua	<i>Rhizophora racemosa</i> - <i>Avicennia</i> spp.
<i>Acrostichum aureum</i> (negrafora) - <i>Rhizophora racemosa</i>	Cultivo agrícola	<i>Rhizophora racemosa</i> - <i>Mora oleifera</i>
<i>Acrostichum aureum</i> (negrafora) - <i>Rhizophora racemosa</i> - <i>Pelliciera rhizophorae</i>	Indiferenciado	<i>Rhizophora racemosa</i> - <i>Pelliciera rhizophorae</i>
<i>Avicennia</i> spp.	Infraestructura	<i>Talipariti tiliaceum</i> var <i>pernambucense</i>
<i>Avicennia</i> spp. - <i>Pelliciera rhizophorae</i>	<i>Laguncularia racemosa</i>	Tierra yerma
Bosque secundario	<i>Mora oleifera</i>	Vegetación riparia
	<i>Mora oleifera</i> - <i>Avicennia</i> spp.	Vegetación costera
	<i>Mora oleifera</i> - <i>Pelliciera rhizophorae</i>	

Fig. 5. Distribución de especies de mangle y otras coberturas vegetales en el sector estuarino del HNTS, 2005-2010.

Fig. 5. Distribution of mangrove species and other vegetation coverage in the estuarine HNTS sector, 2005-2010.

TABLE 2
Areas of coverage by monospecific and mixed stand for each floristic species in the estuarine HNTS sector

Especie	Familia	Nombre común	Área de rodal monoespecífico (ha)	Área de rodal mixto (ha)	Área total (ha)
<i>Acrostichum aureum</i> L.	Pteridiaceae	Negraforra	1 334.7	774.4	2 109.1
<i>Avicennia</i> spp.	Avicenniaceae	Palo de sal	116.7	373.1	489.8
<i>Conocarpus erectus</i> L.	Combretaceae	Mangle botoncillo	3.2	0.5	3.6
<i>Laguncularia racemosa</i> (L.) C.F.Gaertn.	Combretaceae	Mangle mariquita	71.2	0.0	71.2
<i>Mora oleifera</i> (Triana) Ducke	Fabaceae-caesalpiniodeae	Alcornoque	3.6	15.4	19.0
<i>Pelliciera rhizophorae</i> Triana & Planch.	Theaceae	Mangle piñuela	2 180.5	3 644.4	5 824.9
<i>Rhizophora mangle</i> L.	Rhizophoraceae	Mangle rojo gateador	232.8	0.0	232.8
<i>Rhizophora racemosa</i> G. Mey.	Rhizophoraceae	Mangle rojo caballero	3 749.8	3 920.9	7 670.7
<i>Talipariti tiliaceum</i> var. <i>pernambucense</i> (Arruda) Fryxell.	Malvaceae	Majagua	27.5	0.0	27.5

su ubicación dentro del humedal, es así como en el sector sur *R. racemosa* se observa generalmente en las partes externas, mientras que *P. rhizophorae* en las internas (Cuadro 2).

A. aureum cubre un área de 2 109.10ha y se localiza con frecuencia en las partes internas y por lo general en la parte este del humedal, principalmente en lo que corresponde a las áreas cercanas al límite de protección del humedal. Esta especie en algunos sectores se encuentra mezclada con otras especies, principalmente con *Avicennia* spp. y *R. racemosa*. Por otra parte, *Avicennia* spp., *R. mangle* y *L. racemosa* muestran una distribución segregada, con un área total de 489.82ha, 232.79ha y 71.19ha, correspondientemente. En el caso de *Avicennia* spp., ésta se encontró dominando sola o mezclada con otras especies principalmente con *A. aureum* y se observa generalmente en las partes internas, excepto en las áreas cercanas a la costa. Mientras que *R. mangle* y *L. racemosa* se localizan en los márgenes de los canales, raras veces en las partes internas (Cuadro 2).

Finalmente, cabe mencionar otras especies importantes tales como *T. tiliaceum* var. *pernambucense*, *M. oleifera* y *C. erectus*, las cuales se encuentran en áreas muy localizadas. De éste modo, *T. tiliaceum* var. *pernambucense* predomina hacia el norte del HNTS, en las áreas cercanas a la costa y al límite de protección del humedal, presentándose tanto en las partes externas como en las internas y cubre un área total de 27.55ha. *M. oleifera*, se localizó comúnmente en las partes externas y cercanas al límite de protección del humedal, con mayor frecuencia en el sector sur y está a menudo como una cobertura mixta con otras especies, cubre un área total de 19.03ha y *C. erectus* sólo se presentó dominando un parche boscoso en Guarumal, además en conjunto con la especie *A. aureum* en un pequeño sector por la desembocadura del río Grande de Térraba, cubriendo un total de 3.63ha (Cuadro 2).

Asociación de las especies de mangle con el tipo de sedimento del sustrato: Las principales especies del manglar se distribuyen

sobre los diferentes tipos de sustrato con una tendencia a ocupar las granulometrías más finas principalmente (Fig. 6, Cuadro 3). *R. mangle* es la especie que muestra una mejor distribución sobre los sedimentos lodosos y lodo arenosos, seguido por *R. racemosa*, *P. rhizophorae*, y no se asocian en ningún caso con la arena lodo gravosa. Por otra parte, *L. racemosa* y *Avicennia* spp. se han encontrado asociadas a las granulometrías gruesas con mayor frecuencia que el resto de las especies. En el caso de *T. tiliaceum* var. *pernambucense*,

muestra una tendencia hacia los sustratos lodosos, no obstante fue posible hallarla también en el sedimento de granulometría más gruesa (arena lodo gravosa) en menor proporción. *M. oleifera* se presentó exclusivamente en sustratos lodo arenosos y lodosos. Finalmente, *C. erectus*, se evidenció fuertemente asociado a las granulometrías arenosas. Al aplicar el test de χ^2 cuadrado, considerando la variable dicotómica presencia-ausencia de las 5 especies de mangle sobre los diferentes sustratos en el HNTS se demostró que existe una relación

CUADRO 3

Tabla de frecuencias absolutas de la combinación de cada especie de mangle y el tipo de sustrato en el sector estuarino del HNTS

TABLE 3

Absolute frequencies of each combination of mangrove species and the type of substrate in the estuarine HNTS sector

Sustrato/Especie	<i>Avicennia</i> spp.	<i>P. rhizophorae</i>	<i>R. racemosa</i>	<i>L. racemosa</i>	<i>R. mangle</i>
Lodo	953	4 017	11 753	90	239
Arena	280	255	1 683	67	51
Arena lodosa	93	682	1 842	45	82
Lodo arenoso	577	3 302	9 646	22	204

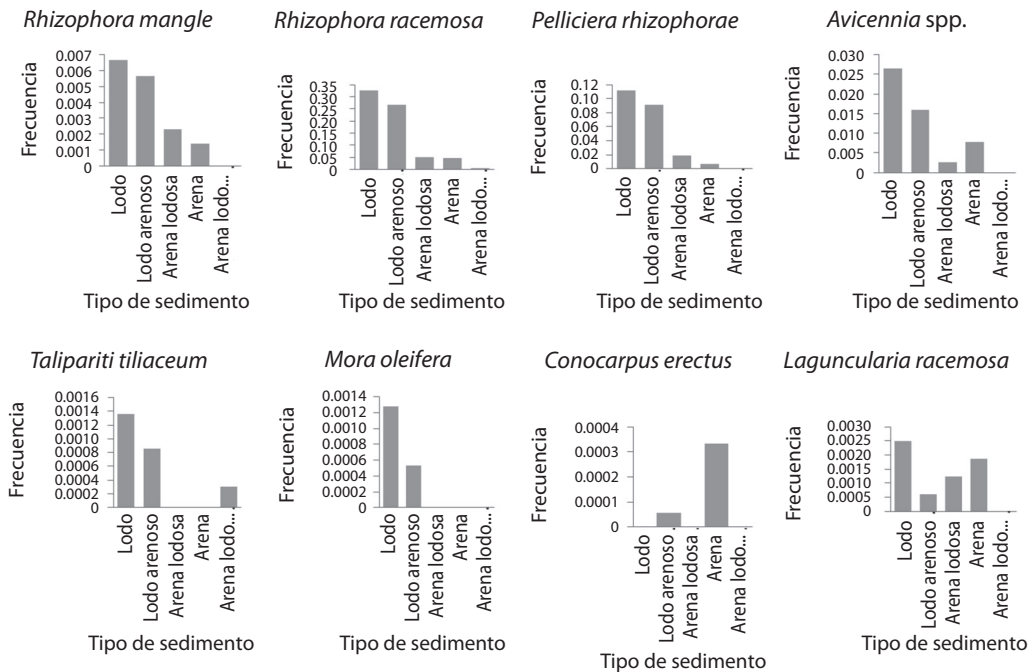


Fig. 6. Frecuencia de las especies de mangle predominantes por tipo de sedimento en el sector estuarino del HNTS.

Fig. 6. Frequency of mangrove species dominant by type of sediment in the estuarine HNTS sector.

CUADRO 4

Resumen de resultados de la prueba de chi-cuadrado para el grado de relación entre cada una de las especies de mangle y el tipo de sustrato en el sector estuarino del HNTS

TABLE 4

Summary results of the chi-square test for the degree of relation between each of the mangrove species and the type of substrate in the estuarine HNTS sector

Especie	Chi-cuadrado (3g.l-, p<0.05)
<i>L. racemosa</i>	285.5671
<i>Avicennia</i> spp.	264.0994
<i>P. rhizophorae</i>	208.8352
<i>R. mangle</i>	43.9418
<i>R. racemosa</i>	19.7684

dependiente entre ambas variables, dado que los resultados de la prueba estadística chi-cuadrado (Cuadro 4), en todos los casos mostró diferencias significativas (para $p < 0.05$) y por tanto no se cumple con la hipótesis de distribución homogénea de las especies sobre los diferentes sustratos.

DISCUSIÓN

Los resultados de composición, estructura y distribución de la vegetación del HNTS de ésta investigación, mostraron que el manglar exhibe un modelo o zonación de las distintas especies, concordante con las variaciones de los ambientes sedimentológicos y sus sustratos asociados desde la costa al continente y de las márgenes de los canales o esteros al interior de las llanuras de marea. Las especies *R. racemosa* y *P. rhizophorae* presentan una distribución continua, ya que poseen los mayores valores de abundancia y frecuencia según los datos obtenidos de los transectos y cubren la mayor área de manglar asociada con los sedimentos finos (Fig. 7). No obstante estas especies muestran una tendencia a establecerse de manera dominante en un área definida, de este modo *R. racemosa* es la especie que se encuentra de primera en dirección que va de la costa a tierra adentro después de la vegetación costera, principalmente en el norte, en donde luego comienza a mezclarse con *P. rhizophorae* y hacia el sur aparece en la línea de costa y bordeando la mayoría de los canales, rodeando a la especie *P. rhizophorae*.

Al considerar las áreas donde se combina la especie *R. racemosa* con *P. rhizophorae* como una unidad donde la especie dominante es *R. racemosa*, se logra mostrar que esta especie actúa de barrera en las márgenes de los canales o en el frente de la laguna detrás de las islas barrera, brindando cierta protección a la especie *P. rhizophorae* (Fig. 8), que tiende a ocupar los espacios en las partes internas de la zonas entre canales, tal como lo plantea Jiménez (1994). Por otra parte, analizando las demás especies de mangle, *Avicennia* spp. aparece con mayor frecuencia asociada con arenas o en las partes internas y donde los suelos son finos, pero más consolidados. Finalmente, *R. mangle* y *L. racemosa* son especies que revelan una distribución muy similar, generalmente se establecen en los márgenes de los canales principales, en zonas de frecuente inundación, en sitios protegidos expuestos al oleaje de baja energía, tales como el interior de lagunas costeras o los márgenes de las desembocaduras fluviales (Lara & Gonzáles, 2007).

La *Avicennia* spp. y la *L. racemosa* se distribuyen en el HNTS de forma segregada, tal y como lo revelan también los datos de abundancia y frecuencia calculadas en el presente estudio. Existe una tendencia de estas especies a la conglomeración local, relacionado con los tipos de sedimentos del sustrato o con los diferentes ambientes sedimentológicos, ya que mostraron tener cierta tendencia a establecerse sobre sustratos arenosos. Además éstas son las especies que los autores del presente artículo observaron regenerando los bancos



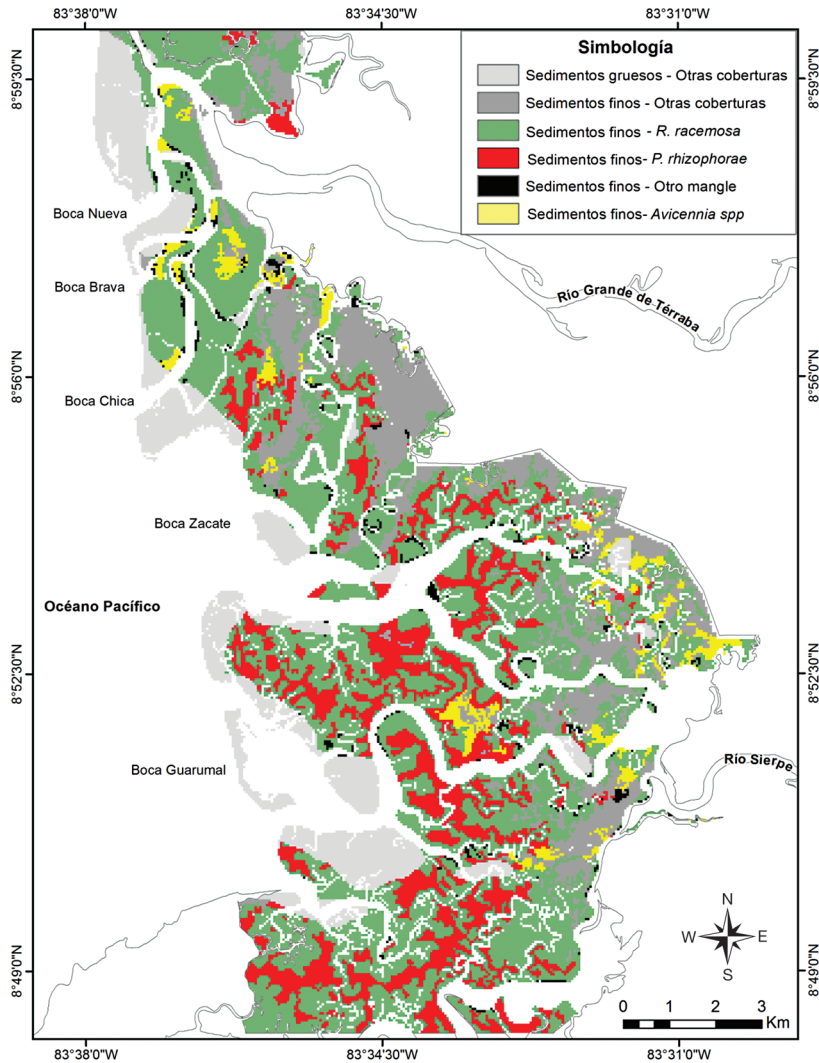


Fig. 7. Asociación espacial entre las especies de mangle y los sedimentos finos en el sector estuarino del HNTS.
 Fig. 7. Spatial association between mangrove species and fine sediments in the estuarine HNTS sector.

de sedimentos formados recientemente. Otras especies asociadas con distribución localizada, corresponden con *M. oleifera*, *T. tiliaceum* var. *pernambucense* y *C. erectus*, las cuales según los datos sobre abundancia y frecuencia de las parcelas se presentan sólo como especies acompañantes, lo cual indica una menor importancia ecológica de acuerdo con Lamphrecht (1990).

Finalmente, los resultados de distribución de las especies muestran en el borde este del

HNTS un patrón distinto de las demás áreas estudiadas, que corresponde con la zona de transición entre tierra firme y el humedal, con mayor influencia ribereña y humana.

Lo anterior demuestra la presencia de zonación de especies, como una respuesta ecofisiológica de las plantas a un gradiente ambiental específico o a una serie de estos, como lo expone Woodroffe (1992). La zonación de las especies del manglar puede estar

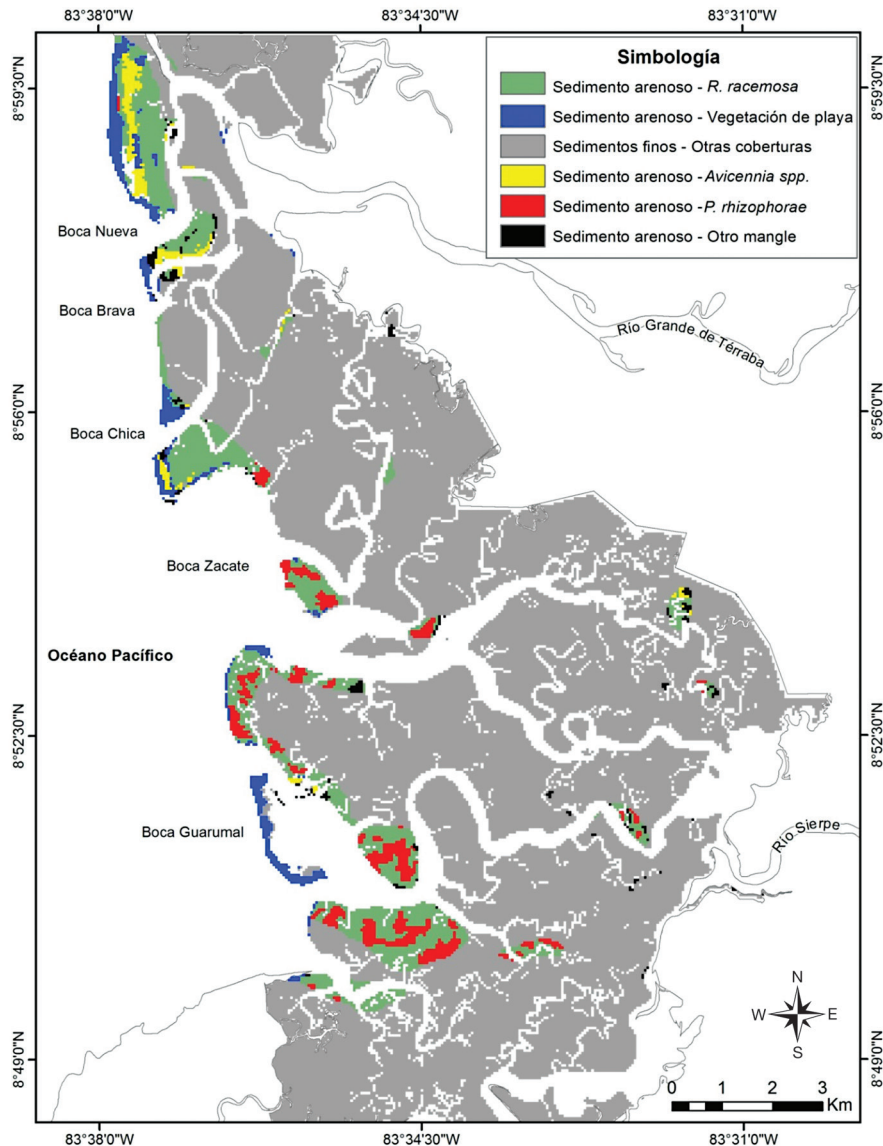


Fig. 8. Asociación espacial entre las especies de mangle y los sedimentos gruesos en el sector estuarino del HNTS.

Fig. 8. Spatial association between mangrove species and coarse sediments in the estuarine HNTS sector.

asociada a diferentes factores físicos, tales como el ambiente sedimentológico, el tipo de granulometrías de los sustratos y la influencia mareal y fluvial, el clima, salinidad del agua y del suelo entre otros, tal y como lo señalan varios autores, entre ellos Woodroffe (1992), Howell y Semesi (1999) y Labrada (2005).

Por otra parte, la influencia mareal y la fluvial también intervienen en la composición,

distribución y estructura del bosque de manglar, tal y como lo mencionan Cuatrecasas (1958), Thom (1967), Woodroffe (1992) y Howell y Semesi (1999). Lo cual se demuestra en las diferencias dadas entre el sector norte del HNTS influenciado principalmente por el río Grande de Terraba, en tanto que el sector sur, está más expuesto a la dinámica costera (Lizano, 2013; en prep.) en donde se dan procesos

principalmente erosivos, lo cual mantiene a la zona en un constante cambio. Basado en lo anterior, los autores de ésta investigación interpretan que las especies que alguna vez se establecieron en las partes más externas o a la orilla de los canales se han visto expuestas a la erosión y por lo tanto han desaparecido o los individuos remanentes de la especie se han adaptado a un sustrato arenoso. Contrariamente, en la parte norte las especies se encuentran fuertemente protegidas de los procesos erosivos costeros por la isla barrera de playa Garza, principalmente, manteniendo al lado opuesto de la playa un ambiente estable que retiene el sedimento fino y por tanto las especies asociadas a este.

De este modo, se postula que cualquier esfuerzo futuro tendiente a la restauración de áreas de manglar dentro del HNTS debe considerar para su formulación y diseño adecuado al tipo de sustrato dada la dependencia demostrada en éste análisis. Es recomendable realizar otros estudios similares al presente en el mismo HNTS para establecer relaciones temporales de los resultados del presente artículo.

AGRADECIMIENTOS

A Jorge Picado Barboza por el apoyo brindado en los análisis estadísticos. A Carlos Cordero Vega por su colaboración en la elaboración de mapas.

RESUMEN

Se describe la composición florística del manglar y la distribución espacial de las principales especies de mangle y otras especies vegetales asociadas, presentes en el sector estuarino del Humedal Nacional Térraba-Sierpe, mediante el levantamiento de campo de 1 127 puntos y 77 parcelas de muestreo de 60x10m. Por otra parte, se explora la relación entre el tipo de sedimento subyacente y las especies de mangle establecidas sobre éste. Los resultados de composición, estructura y distribución de la vegetación del HNTS, muestran que el manglar exhibe un modelo o zonación, consistente en la variación desde la costa al continente y de las márgenes de los canales o esteros al interior de las llanuras de marea, de las distintas especies. *Rhizophora racemosa* y *Pelluciera rhizophorae* son las especies que muestran una mayor distribución espacial o distribución

continua, con los mayores valores de abundancia (45.44% y el 39.92%, respectivamente), frecuencia (88.31% y 74.03%) y área de manglar (7 670.73ha y 5 824.94ha). Se confirmó la dependencia entre la presencia de especies de mangle y el tipo de sedimento del sustrato, de modo que las especies *Avicennia* spp. y *L. racemosa* tienden a distribuirse en los sustratos arenosos con mayor facilidad que las otras especies cuya distribución es más homogénea sobre los sustratos lodosos.

Palabras clave: Correlación, asociación, manglar, vegetación, sedimento, estuarino, Térraba, Sierpe, granulometría, composición florística, cobertura.

REFERENCIAS

- Aksornkoe, S., Maxell G. S., Havanond, S., & Panichsuko, S. (1992). *Plants in mangroves*. Bangkok, Thailand: Chalongrat Co. ltd.
- Benítez, P. D. (2007). *Forestación artificial con manglares en isletas de dragados en una región semiárida de México* (Tesis de Doctorado). Instituto Politécnico Nacional, La Paz, Baja California Sur, México.
- Boto, K. G., & Wellington, J. T. (1984). Soil characteristics and nutrient status in a northern Australian mangrove forest. *Estuaries*, 71, 61-69.
- Castaño, A., Urrego, L., & Bernal, G. (2010). Dinámica del manglar en el complejo lagunar de Cispatá (Caribe colombiano) en los últimos 900 años. *Revista de Biología Tropical*, 58(4), 1347-1366.
- Cuatrecasas, J. (1958). Introducción al estudio de los manglares. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, 23, 84-99.
- Cunha S. R., Tognella-De-Rosa, M. M. P., & Costa, C. S. B. (2006). Salinity and Flooding Frequency as Determinant of Mangrove Forest Structure in Babitonga Bay, Santa Catarina State, Southern Brazil. *Journal of Coastal Research*, Special Issue 39.
- Espinoza, J., Rojas, E., Solís, L., Aguilar, J., Gutiérrez, V., Granados, G., & Rodríguez, H. (2005). *Análisis sedimentológico del delta Térraba, Costa Rica* (Informe de campaña geológica). San José, Costa Rica: Escuela de Centroamericana de Geología, Universidad de Costa Rica.
- Feller, I. C., McKee, K. L., Whigham, D. F., & O'Neill, J. P. (2002). Nitrogen vs. phosphorus limitation across an ecotonal gradient in a mangrove forest. *Biogeochemistry*, 00, 1-31.
- Folk, R. (1954). The distinction between grain size and mineral composition in sedimentary rock nomenclature. *Journal of Geology*, 62, 344-359.
- Folk, R. (1974). *The petrology of sedimentary rocks*. Austin, Texas, USA: Hemphill Publishing Co.

- Howell, K. M., & Semesi, A. K. (1999). Coastal Resources of Bagamoyo District, Tanzania. *Proceeding of a Workshop on coastal Resources of Bagamoyo*, 18, 17-25.
- ICE-UCR. (2005). *Base de datos de campaña geológica*.
- Jiménez, J. A., & Sauter, K. (1991). Structure and Dynamics of Mangrove Forests along a Flooding Gradient. *Estuaries*, 14, 49-56.
- Jiménez, J. A. (1994). *Los manglares del Pacífico de Centroamérica*. Costa Rica: Editorial Fundación UNA.
- Jiménez, J. A. (1999). *Ambiente, distribución y características estructurales en los manglares del Pacífico de Centro América: contrastes climáticos*. In A. Yáñez-Arancibia & A. L. Lara-Domínguez (Eds.), *Ecosistemas de Manglar en América Tropical* (pp. 51-70). Instituto de Ecología, A.C. México, UICN/HORMA, Costa Rica, NOAA/NMFS Silver Spring MD USA.
- Kathiresan, K. (2003). How do mangrove forests induce sedimentation?. *Revista de Biología Tropical*, 51(2), 355-359.
- Labrada, M. (2005). *Evaluación de cambios en la cobertura vegetal de manglares mediante la aplicación de los sensores remotos*. La Habana, Cuba: Instituto de Geografía Tropical.
- Lamphecht, H. (1990). *Silvicultura en los Trópicos*. República Federal de Alemania: Instituto de Silvicultura de la Universidad de Gotting.
- Lara, S., & Gonzales, L. F. (2007). *Evolución geomorfológica de la planicie lodosa de La Macolla, Península de Paraguaná, Estado Falcón, Venezuela*. México: Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM.
- Nin, R. (1981). *Un estudio de los árboles y arbustos nativos de las márgenes del río Yí desde el Paso San Borjas hasta la desembocadura del arroyo Maciel* (Tesis). Facultad de Agronomía, Montevideo, Uruguay.
- Thom, B. G. (1967). Mangrove Ecology and Deltaic Geomorphology: Tabasco, Mexico. *The Journal of Ecology*, 55(2), 301-343.
- Woodroffe, C. (1992). Mangrove sediments and geomorphology, in *Tropical Mangrove Ecosystems, Coastal Estuarine Studies*. In A. I. Robertson & D. M. Alongi (Eds.), *Tropical Mangrove Ecosystems* (pp. 7-41). Washington, D. C.: American Geophysical Union.