

Paleoambientes de *Rhizophora mangle* (Rhizophoraceae) en Castilletes, Alta Guajira, Venezuela según las paleoconchas de *Crassostrea rhizophorae* (Ostreoida: Ostreidae)

Paul Granado, Henio Briceño & Luz Esther Sánchez-Arias*

Laboratorio de Manejo y Protección de Cuencas. Centro de Estudios Botánicos y Agroforestales. Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas, IVIC; lsanchez@ivic.gob.ve, pgranado@ivic.gob.ve, hbriceno@ivic.gob.ve

* Correspondencia

Recibido 31-X-2014. Corregido 20-VI-2015. Aceptado 21-VII-2015.

Abstract: Palaeoenvironments of *Rhizophora mangle* (Rhizophoraceae) in Castilletes, Alta Guajira, Venezuela according to paleoconchas of *Crassostrea rhizophorae* (Ostreoida: Ostreidae). Shell middens are a very characteristic feature of coastal human adaptations. Component and variability analysis offer clues to subsistence of ancient human populations, formation processes and information of environmental changes. In this study, we tested the use of paleoshells found in shell midden to infer paleoenvironment conditions of *R. mangle* forest. We presented data of paleoshells from shell middens, located on Castilletes-Alta Guajira, Venezuela, dated from $3\ 580 \pm 30$ años B.P years, and we included data of actual shells from mangrove forests located on Cocinetas lagoon (Castilletes) and Maracas Island (Maracaibo lagoon). We examined 185 samples of fixing traces marked by mangrove roots on paleoshells ($n = 109$) and actual shells ($n = 76$) of *C. rhizophorae*. Subsequently, we estimated paleoroot and modern root diameter using a geometric model using shell's trace. To validate this model, we directly measured modern roots. Furthermore, a physiognomic study was made in both sites to associate mangrove forest with roots diameter and shells information. Results showed that there were no significant differences between estimated root diameter values obtained from traces of modern shells and the ones recorded by direct measurement of roots (Castilletes $P = 0.160854$; Maracas $P = 0.617271$); allowing the use of geometric model to obtain estimated values of paleoroots. Shell measurements showed that paleoshells were larger than modern shells. Paleoroot diameters showed no significant differences with modern Castilletes's mangrove roots (exposed zone) ($P = 0.303518$), contrasting with Maracas's roots (protected zone) ($P = 0.017771$). Physiognomic study showed that modern Castilletes forests had diameter at breast height (DBH) and tree height (11.10 m and 4.90 m, respectively) lower than Maracas (34.86 cm and 10.62 m), responding to the wind exposure and salinity. Diameters and quantity of roots per tree were higher in Castilletes (3.01 cm y 11 roots/tree) than Maracas (2.39 cm y 7 roots/tree). We determined that paleoforests and modern forests from Castilletes have similar characteristics associated to arid environment with stronger wind exposition. We concluded that paleoshells trace analysis is a low cost and novel method that allows obtaining information about paleoenvironment of *R. mangle* forests. *Rev. Biol. Trop.* 63 (4): 1223-1233. Epub 2015 December 01.

Key words: paleoenvironment, *Crassostrea rhizophorae*, *Rhizophora mangle*, Venezuela, Castilletes, shell midden.

Los bosques de mangle se encuentran distribuidos a lo largo y ancho de las zonas tropicales y subtropicales de nuestro planeta. Es uno de los ecosistemas más productivos, su presencia data desde más de 50 millones de años (Rull, 1998). Estos bosques albergan una gran variedad de fauna que se desenvuelve en

los distintos estratos del mismo (Kathiresan & Bingham, 2001). Las raíces en los bosques de *Rhizophora mangle*, además de cumplir las funciones de estabilidad que requiere el árbol, sirven de sustrato de fijación para un gran número de moluscos (Prüsmann & Palacio, 2008). Tal es el caso de *Crassostrea*

rhizophorae, la ostra de mangle, quien utiliza principalmente como sustrato las raíces de *R. mangle* (Nikolic, Bosh, & Alfonso, 1976). Esta ostra se destaca entre los bivalvos que son aprovechados como recurso alimenticio, debido a que ésta posee una alta fecundidad, un crecimiento muy rápido y una alta demanda (Hernández, Troccoli, & Millán 1998).

La explotación de la *C. rhizophorae* y de otros recursos pesqueros ha existido desde hace miles de años. La evidencia de esta explotación ha sido reportada en zonas arqueológicas denominadas conchales o concheros (Álvarez-León & Maldonado-Pachón, 2009). Los conchales, son montículos producto de la acumulación de restos de conchas, realizados por el hombre, que tienen como característica el reunir restos de especies marino-costeras pertenecientes a hábitats disímiles. La degradación de estos materiales ha contribuido a su vez, a la consolidación de estas estructuras que han resistido durante miles de años a los factores climáticos (Orquera & Piana, 2000). Los conchales son considerados los vestigios más antiguos de las culturas registradas en las zonas costeras del mundo. La etapa histórica a la cual corresponden estos concheros o conchales se define como el Formativo (González-Pacheco, 1990). La presencia de conchales está reportada en diferentes zonas como por ejemplo, en Norteamérica (Arnold & Tissot, 1993; Morey & Crothers, 1998; Saunders & Russo, 2011), también en Australia (Faulkner, 2009; 2010), Portugal (Cabral & Coelho da Silva, 2003) y en Sudáfrica (Jerardino, 2010). En el Caribe en Cuba (Godo & Pino, 2002). En Sudamérica existen desde hace unos 8000 años antes del presente y se reportan en Argentina (Estévez, Piana, Schiavini, & Juan-Muns, 2001; Balbo, Madella, Vila, & Estévez, 2010), Chile (Álvarez, 2004), y Colombia (Álvarez-León & Maldonado-Pachón, 2009). En Venezuela, se realizó el primer registro de conchales del sector de Castilletes, Alta Guajira Venezolana en el 2010; los carbones hallados en estos conchales evidenciaron el aprovechamiento de este recurso pesquero desde hace $3\ 580 \pm 30$ años

B.P correspondiendo al Holoceno Tardío del periodo Cuaternario (Carrillo, 2011).

Los conchales proveen de una gran cantidad de información que permite conocer como subsistían las poblaciones humanas antiguas, como se distribuían espacialmente, en qué tipo de entorno se desenvolvían y si ocurrieron o no cambios en el ambiente donde se desarrollaron (Cabral & Coelho da Silva, 2003; Piperno & Jones, 2003). Adicionalmente, en los últimos años se ha observado la utilidad del estudio de los conchales para la reconstrucción paleoambiental, tal es el caso de Gernet, Melo, Dieckow, Lima, y Silva, (2014), quienes realizaron un estudio en los conchales de Brasil, y encontraron que además de ser una herramienta útil para comprender los hábitos y la intensidad de las ocupaciones humanas, también sirvió para determinar la génesis de los niveles estratigráficos de un sitio arqueológico en la costa del Estado de Paraná, Brasil. Ainis, Vellanoweth, Lapeña, y Thornber (2014) realizan una inferencia del paleoambiente litoral a través del estudio de pequeños moluscos asociados a macrofitas recolectadas, las cuales fueron asociadas a la presencia de pastos marinos. Así mismo, a lo largo de la costa norte de Santa Cruz, Argentina, se identificaron gran cantidad de sitios concheros compuestos principalmente por moluscos y pinnípedos. Este estudio, presentó una propuesta metodológica para el estudio de conjuntos malacológicos recuperados en contextos arqueológicos, dentro de los cuales se determinan diferentes procesos geomorfológicos, ambientales y socio-culturales (Hammond, 2012).

De acuerdo a todo lo anterior y conociendo la estrecha relación entre las raíces sumergidas de *Rhizophora mangle* y las poblaciones asociadas de *Crassostrea rhizophorae* (Fromard et al., 1998; Cedeño, Prieto, Pereda, & Allen, 2010) así como la respuesta estructural de los bosques de *R. mangle* ante las condiciones ambientales (Menéndez, Guzmán, Capote-Fuentes, Gómez, & Sotillo, 2002), se plantea este estudio cuyo objetivo fue realizar una caracterización del paleoambiente de los bosques de *R. mangle* que colonizaron al área de

Castilletes (Alta Guajira), a partir del análisis de las paleoconchas adheridas de forma directa a las raíces sumergidas y a partir del estudio actual de la estructura de bosques de borde de *R. mangle* expuestos a diferentes grados de exposición a los vientos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio: El estudio se realizó en dos lagunas estuarinas con presencia de bosques de borde de *Rhizophora mangle*, pero con condiciones ambientales diferentes: la primera cercana a los conchales (menos de 2 km) expuesta a los vientos y la segunda a más de 90 km de distancia en una zona protegida de los vientos.

La primera localidad se ubica en el sector de Castilletes (Municipio Indígena de la Guajira, Estado Zulia, Venezuela) ($11^{\circ}49'050''$ N - $71^{\circ}20'923''$ W). En esta zona se determinaron dos sitios de muestreo, en el primer sitio está constituido por una planicie salina conformada por 44 conchales donde se recolectaron las

paleoconchas. Esta planicie limita al norte y al oeste con la Laguna de Cocinetas; al Este con un cinturón de médanos estabilizados con presencia de árboles de *Conocarpus erectus*, y al sur con una terraza de 4 m de altura de tipo sedimentario (Fig. 2). El segundo sitio de muestreo se ubica a 2 km de los conchales, al interior de la Laguna de Cocinetas. Esta laguna se encuentra en el extremo norte de la Península Guajira, por el noreste, limita con Colombia, hacia el suroeste recibe la descarga de agua dulce proveniente de dos quebradas intermitentes, posee una única boca de entrada que la conecta con el Golfo de Venezuela por lo que la salinidad varía en dirección noreste suroeste de 15 y 35 ppt de acuerdo a la época del año. La zona de recolecta de conchas actuales se hizo en las raíces aéreas de un bosque de borde constituido por *Rhizophora mangle*, este bosque se encuentra expuesto a los vientos y presenta una forma achaparrada. El clima de la Guajira es árido dominado por vientos fuertes y precipitaciones anuales entre 400 y 700 mm (Medina y Barboza, 2006). Cerca de la Laguna

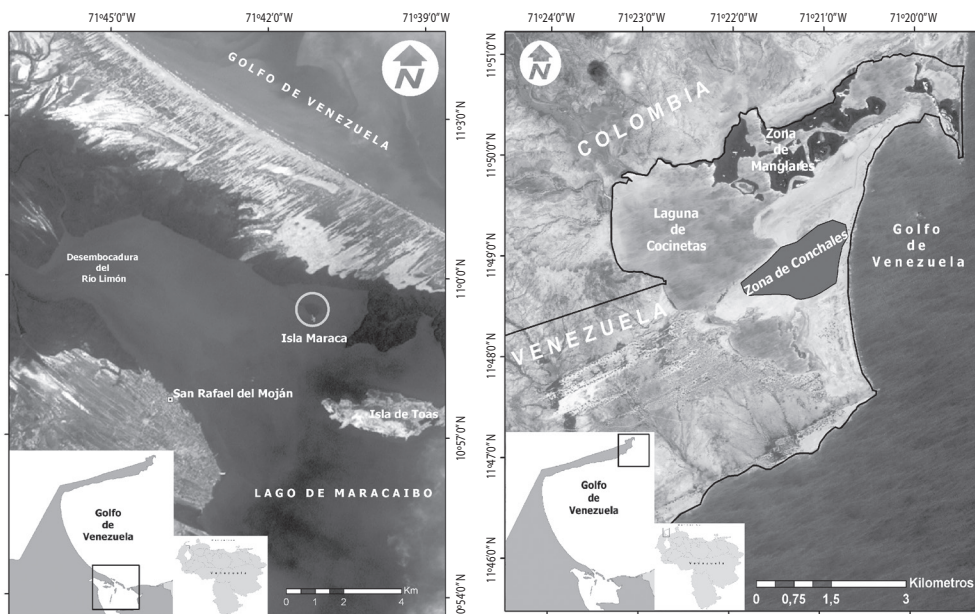


Fig. 1. Izquierda: Localidad de estudio 1. Sector Castilletes, Derecha: Localidad de estudio 2: Isla de Maraca, desembocadura del Río Limón.

Fig. 1. Left: Location of study 1. Sector Castilletes, Right: Location of study 2: Maraca Island, mouth of the Río Limón.

de Cocinetas se encuentra un caserío de la etnia Wayuu que devenga su sustento principalmente de la pesca; por su lejanía a centros poblados el turismo es incipiente.

La segunda localidad de recolecta de conchas actuales de *Crassostrea rhizophorae* se encuentra en Isla Maracas en la zona noroccidental del Lago de Maracaibo, también corresponde a un bosque de borde de *Rhizophora mangle*. Esta isla está ubicada en una zona protegida de los vientos a 97 km al sur de la Laguna de Cocinetas. La isla pertenece al Municipio Almirante Padilla del Estado Zulia (10°59'351" N - 71°41'081" W) (Fig. 1). El Lago de Maracaibo se caracteriza por tener ambiente estuarino y en ese sentido, Isla Maracas presenta una fuerte influencia de agua dulce debido a su cercanía al río Limón (aprox. 8 km) en dirección oeste, por lo que la salinidad en esta zona varía entre 10 y 12 ppt durante el año. La precipitación en esta parte de la región se encuentra en el rango de los 500 y 1 000 mm (CORPOZULIA, 2010). Las actividades de explotación de los recursos naturales existentes en Maracas y sus adyacencias son la pesquería y el turismo a través de rutas marítimas de transporte.

Muestreo: El muestreo de paleoconchas se realizó en tres conchales elegidos al azar en la planicie salina de la primera localidad (Sector Castilletes). Se recolectó un kilogramo de paleoconchas de *Crassostrea rhizophorae*, las cuales fueron colocadas en bolsas para su traslado al laboratorio. En cuanto a las conchas actuales de *C. rhizophorae*, se extrajeron al azar un 1 kg de ostras de mangle fijadas en las raíces de *Rhizophora mangle* tanto de la Laguna de Cocinetas como de isla Maracas. Para el total de muestras recolectadas se seleccionaron aquellas conchas que tenían la huella de fijación (primera generación), en el caso de las conchas actuales, adicionalmente se midieron *in situ* los diámetros reales de las raíces de dónde se encontraban fijadas.

Caracterización biométrica: Dentro de cada grupo se seleccionaron aquellas conchas

que presentaron huella de fijación directa a la raíz de *Rhizophora mangle* (primera generación de fijación). Las características biométricas de las conchas se determinaron midiendo el ancho y el largo de las valvas mediante el uso de un calibre Vernier (Fig. 2). Posteriormente las muestras fueron catalogadas e introducidas en la colección del Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas del estado Zulia, asignando a cada muestra una nomenclatura alfanumérica con su respectivo número de serie.

Estimación diamétrica de las raíces:

Para poder determinar las características diamétricas de las paleo-raíces de fijación, se midió el ancho y la profundidad de la huella de fijación. Se asumió un diámetro estimado (d), tomando como modelo geométrico una circunferencia (Fig. 3). Se requirió determinar los valores del radio (r) de la raíz a partir de las medidas obtenidas de profundidad, que se expresan geoméricamente como sagita (S) y está definida como la distancia entre la cuerda y el arco de una circunferencia, y el ancho de la huella expresada como la cuerda (c), que representa la tangente que corta en dos puntos al arco de una circunferencia. Estas medidas fueron empleadas en las ecuaciones:

$$r = \frac{c^2 + 4S^2}{8S}; d = 2 \cdot r$$

En cuanto a las raíces actuales se realizó el mismo procedimiento que en las paleo-conchas para estimar el diámetro. Para poder estimar el error cometido entre el cálculo estimado del diámetro de la raíz a partir de la concha y el diámetro real de la raíz de mangle, se compararon los valores calculados y los medidos *in situ* de la raíz, tanto en las conchas y raíces de Maracas y de la Laguna de Cocinetas, se halló el error absoluto.

Estructura del bosque: Con el fin de relacionar las características de las raíces aéreas pertenecientes a los árboles de los bosques estudiados con las características estructurales del manglar, se establecieron transectas paralelas a línea de costa de 20 x 10 m, en donde se

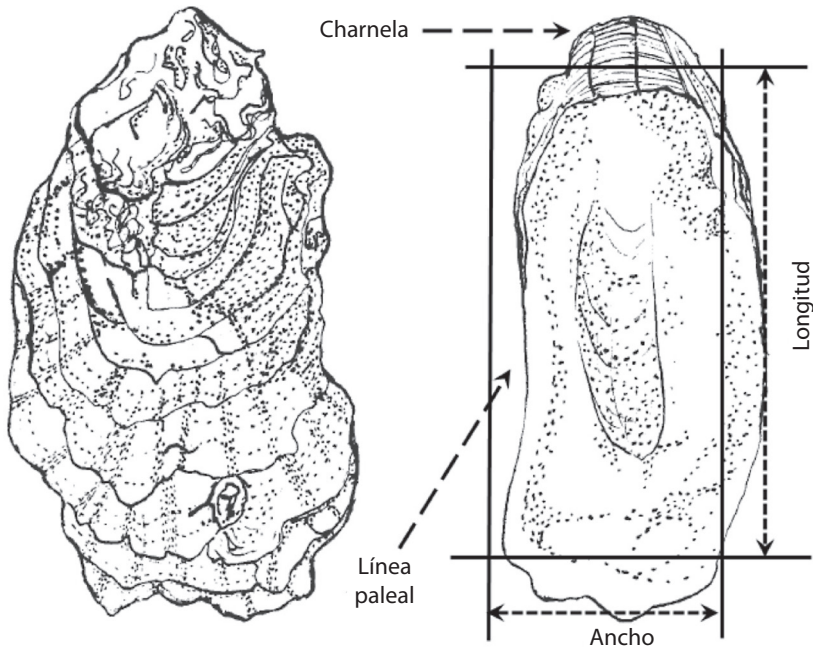


Fig. 2. Izquierda a) Vista exterior de la valva. Derecha b) Vista interna de la valva.
Fig. 2. Left. a) External view of valve. Right. b) Internal view of valve.

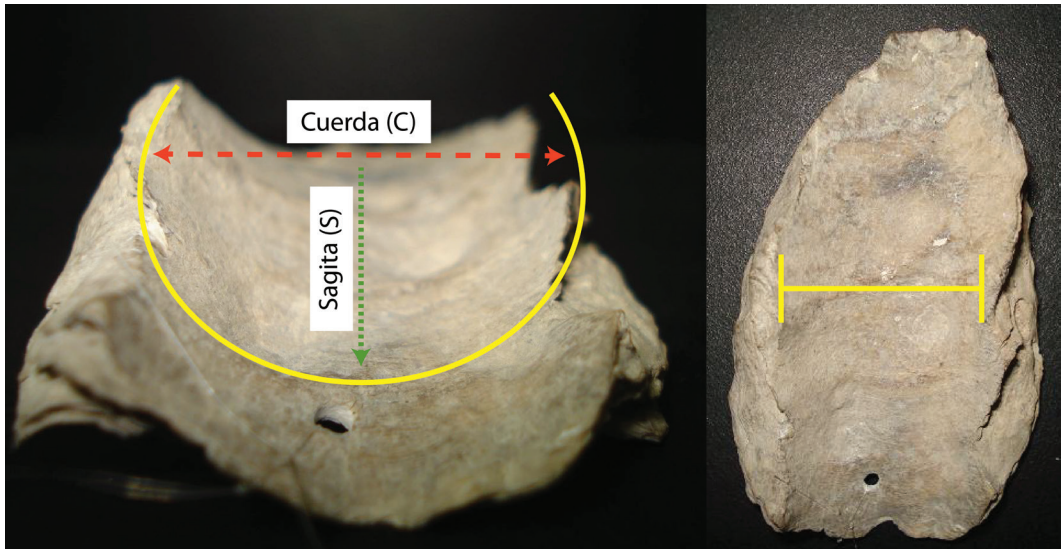


Fig. 3. Izquierda. a) Modelo geométrico. Derecha. b) Marca de la raíz.
Fig. 3. Left. a) Geometric model. Right. b) Sign of the paleoroot.

RESULTADOS

midió el diámetro a la altura de pecho (*DAP*). Se estimó la altura de los árboles utilizando una altura base de referencia (cinta métrica de 1 m). Asimismo, se calculó, el *DAP* medio, la altura media y máxima de los árboles, el número de raíces fúlcreas, y la especie, siguiendo las metodologías propuestas por Menéndez et al. (2002).

Se empleó un programa estadístico (Statistical 4.8) para determinar el grado de homogeneidad de las diferentes medidas, se calculó el coeficiente de variación de Pearson. A través de un análisis de varianza ANOVA (con un intervalo de confianza del 95 % y un nivel de significancia $P = < 0.05$) se buscó detectar variaciones significativas entre los grupos de muestras en cuanto al diámetro calculado de la huella en la concha y el diámetro de la raíz, de donde se sustrajeron las ostras, longitud y ancho de las valvas. El mismo procedimiento fue empleado para determinar diferencias entre el *DAP* medio, la altura máxima de los árboles, así como la cantidad y grosor de las raíces fúlcreas en ambos bosques. Para determinar las variaciones específicas entre los grupos se realizaron pruebas Post-Hoc de Fisher para cada uno de los análisis.

Muestreo: De los kilos de muestras extraídos al azar, sólo se encontraron 185 conchas de *Crassostrea rhizophorae* con presencia de la marca de la huella de la raíz distribuidas en 109 paleoconchas con marca de fijación, y 76 conchas actuales con marca de fijación (41 para Castilletes y 35 para Isla Maracas) (Cuadro 1).

Caracterización biométrica: En cuanto a las características biométricas de la concha se encontró que las paleoconchas, presentaron las mayores tallas longitudinales con respecto a las conchas actuales, mostrando diferencias significativas entre Castilletes actual ($P = 0.000043$), y de Isla Maracas ($P = 0.0000635$) con respecto a Castilletes Antiguo (Cuadro 1). Por otro lado el análisis de varianza no mostró diferencias significativas al comparar el ancho de las valvas entre las paleoconchas y las conchas modernas ($P = 0.372328$).

Estimación diamétrica de las raíces: Al comparar el diámetro de la raíz estimado a través de las huellas dejadas en las conchas con los diámetros obtenidos a través de la medición

CUADRO 1

Datos biométricos de las valvas de *C. rhizophorae* analizadas por localidad incluyendo los diámetros de la raíz y los rangos de tallas

TABLE 1

Biometric data of the leaflets of *C. rhizophorae* analyzed by locality including the root diameters and size ranges

Localidad	Medida	n	Mín (cm)	Max (cm)	Media (cm)	D.E.
Castilletes Antiguo	Diámetro calculado de la raíz	109	1.63	5.10	2.72	0.66
	Ancho de valva		2.46	8.28	3.73	1.20
	Largo de valva		2.30	9.23	5.04	1.38
Castilletes Actual	Diámetro calculado de la raíz	41	1.65	4.83	2.87	0.83
	Ancho de valva		1.60	5.20	3.27	0.96
	Largo de valva		3.00	7.30	4.83	1.19
Isla Maracas	Diámetro calculado de la raíz	35	1.42	4.25	2.21	0.71
	Ancho de valva		2.46	4.77	3.36	0.50
	Largo de valva		2.51	6.01	4.82	0.93

directa de las raíces se encontró que el error absoluto estuvo entre -4.31 y -3.31 % (para isla Maracas y Castilletes, respectivamente), siendo en ambos casos el error estimado por defecto (Cuadro 1). Los resultados del análisis de varianza no mostraron diferencias significativas entre el valor estimado por el modelo de circunferencia y el valor real de las raíces, ni para Castilletes ni para Maracas ($P = 0.160854$ y $P = 0.617271$, respectivamente). Con respecto a la comparación de los diámetros de las raíces entre los bosques actuales de isla Maracas y de la Laguna de Cocinetas (Castilletes) (Cuadro 1), se encontraron diferencias significativas ($P = 0.020213$), indicando que las raíces de los ambientes protegidos y no protegidos presentan diferencias entre sí en cuanto a sus diámetros. Adicionalmente, al comparar las paleo-raíces con las raíces de los bosques actuales, los resultados del análisis de varianza indican que las paleo-raíces presentan una mayor similitud con los bosques actuales de manglar de la Laguna de Cocinetas ($P = 0.494143$), que con los bosques de Isla Maracas ($P = 0.016195$) (Cuadro 1).

Estructura del bosque: En relación a la caracterización de los bosques actuales de manglar se determinó que en la laguna de Cocinetas (Castilletes) el bosque presentó una composición de un 100 % para la especie *R. mangle*,

en tanto que en isla Maracas la composición de especies fue del 94.6 % para *R. mangle* y el 5.4 % para *L. racemosa*. Asimismo se observó que el bosque de manglar de Castilletes presentó árboles con un menor DAP y una menor altura en comparación con el bosque de isla Maracas. El estudio fisionómico mostró que el bosque actual de Castilletes tiene un DAP y una altura (11.10 y 4.90 m respectivamente) menor que Maracas (34.86 cm y 10.62 m). Se pudo observar que el número y el grosor de las raíces fúlcreas fue superior en el bosque de Castilletes al comparar con Maracas (Cuadro 2).

Análisis estadístico: El análisis de varianza mostró diferencias significativas entre los bosques actuales de Maracas y Castilletes cuando se comparó el DAP medio, la altura máxima de los árboles y el número de raíces fúlcreas por árbol, el resultado de la prueba Post-hoc de Fisher corrobora que la arquitectura de los bosques es totalmente distinta ($P = 0.001$). El mismo resultado fue observado en cuanto al diámetro de las raíces fúlcreas entre ambas localidades de estudio ($P = 0.000005$).

DISCUSION

La mayor proporción de paleoconchas con marcas de fijación puede ser explicada de varias formas. Se podría pensar que en el

CUADRO 2

Valores promedios y desviaciones estándar de los datos descriptivos de los bosques de manglar de Castilletes e Isla Maracas (transectas de 20x10 m)

TABLE 2

Mean values and standard deviations of the descriptive data of the mangrove forests of Castilletes and Maracas Island (transects 20x10 m)

Localidad	Medida	n	Min	Max	Media	D.E.
Manglares de Castilletes	Diámetro de la raíz en campo (cm)	32	1.53	4.70	3.01	0.72
	DAP (cm)		5.41	17.9	11.10	3.20
	Altura (m)		2.00	7.00	4.90	1.40
	Número de raíces por árbol		5.00	20.00	11.00	4.16
Manglares de Isla Maraca	Diámetro de la raíz en campo (cm)	37	1.16	3.95	2.39	0.66
	DAP (cm)		17.83	90.76	34.86	15.09
	Altura (m)		7.00	14.00	10.62	2.15
	Número de raíces por árbol		0.00	29.00	7.00	5.40

pasado, existía una predilección por las conchas más grandes por parte de los concheros y que estas correspondían a las conchas que llevan más tiempo fijadas a la raíz (primera cohorte o conchas con marca de fijación). Pero esto es poco probable porque las muestras escogidas al azar no presentaron en su totalidad conchas con marca de fijación. Además, la forma agregada de fijación de *C. rhizophorae* a la raíz sumergida de manglar (Nikolic et al., 1976), impide a primera vista determinar el tamaño de la primera cohorte de fijación. En caso de una selección sería necesario tener herramientas afiladas que permitieran eliminar las conchas más externas pero este tipo de herramientas requieren cierto nivel de manipulación, que no han sido halladas en los conchales (Hammond, Zilio, & Castro, 2015). De acuerdo a Nikolic et al., (1976), la distribución horizontal de esta especie, depende de la abundancia del sustrato en conjunción con otras condiciones ecológicas como mareas, corrientes, salinidad y temperatura del agua (entre otras) y su distribución vertical en la raíz está dada por el espacio disponible y por las amplitudes de las mareas. Se puede inferir que es probable que las condiciones pasadas permitieran un mayor éxito en la fijación de las larvas a la raíz y por esto fueran más abundantes que en el presente. La gran cantidad y tamaño de los conchales reportados en la planicie salina de Castilletes son un reflejo de la explotación del recurso marino por parte de los recolectores itinerantes, que vivieron en la zona hace miles de años. Sin embargo, este uso milenario parece no haber limitado las tallas de las paleoconchas, lo que puede indicar que el paleoambiente era altamente favorable y lograba compensar la sustracción de este recurso. Si se tiene en cuenta que la diferencia en las conchas actuales y pasadas solo se dio a nivel de talla longitudinal, puede indicar que existía una mayor oferta de espacio en el eje vertical, lo cual se puede traducir en paleoraíces de mayor longitud, con influencia de mareas más amplias, y columnas de agua más profundas, pero será necesario hacer estudios sedimentológicos más detallados para poder corroborar lo anterior.

Por otro lado, al comparar el tamaño de las conchas de Castilletes actual con isla Maracas, las diferencias encontradas pudieran estar estrechamente ligadas a la ausencia de condiciones ideales para su desarrollo afirmando que la exposición prolongada de las especies a condiciones ambientales fuera del rango óptimo, puede generar limitaciones en el crecimiento de los individuos o alteraciones morfológicas (Baqueiro-Cárdenas et al., 2007). El aislamiento actual de la zona de Castilletes y su baja población asegura una mejor calidad de las aguas que las presentes en isla Maracas. Esta isla se ubica en un sector donde el desarrollo poco planificado desde el siglo XVII trajo consigo una explotación irracional del lago de Maracaibo que ha producido cambios ambientales acelerados dentro del sistema, afectando principalmente las comunidades de fauna por causas como la agricultura, uso inadecuado de plaguicidas, desarrollo masivo de la pesca, derrames petroleros, establecimiento de vías marítimas de navegación, contaminación por aguas residuales y metales pesados (Casler & Castellano, 2008). Adicionalmente, cabe destacar el alto nivel de colonización de organismos epibiontes observado sobre las valvas de las ostras sustraídas en isla Maracas, ha sido reportado como un factor limitante en el crecimiento de las ostras debido a que estos organismos interfieren mecánicamente durante la apertura y cierre de las valvas afectando el proceso de filtración y su defensa ante depredadores (Butriago, Buitrago, Freitas, & Lodeiros, 2009).

El bajo error encontrado al comparar las raíces estimadas con el modelo geométrico y las raíces medidas *in situ*, nos permiten inferir sobre el diámetro que registraban las paleoraíces. Si se tiene en cuenta que las raíces tienen como función dar estabilidad al árbol y que deben estar sumergidas para poder dar albergue a las ostras, es posible inferir que el ambiente en dónde se desarrolló el paleobosque obligaba a crear mecanismos para su estabilización. Así mismo, estas raíces presentaron diámetros más similares a las raíces actuales del bosque de

borde de la Laguna de Cocinetas, aunque se registraron algunas raíces más robustas.

Los resultados del estudio del bosque de la Laguna de Cocinetas, permite caracterizarlo como un bosque bajo, achaparrado afectado por condiciones ambientales que limitan su desarrollo (Menéndez et al., 2002); el grosor de las raíces así como su mayor número indica que existen factores externos que hacen que el árbol desarrolle un sistema sólido para sostenerse, caso contrario al presentado en isla Maracas donde las condiciones de protección a los vientos, permiten el desarrollo de un menor número de raíces aéreas, con menor diámetro, pero arboles de mayor altura (Kathiresan & Bingham, 2001). El bajo porte en altura del bosque de Castilletes y la homogeneidad presentada en cuanto al número de raíces/árbol, puede indicar que la respuesta del bosque obedece a una condición generalizada que se ha mantenido en el tiempo, como por ejemplo los fuertes vientos (Medina & Barboza, 2003; Krauss et al., 2008), y no a un hecho fortuito. El hecho de presentar el paleo-bosque una mayor similitud al bosque aledaño de Castilletes, puede indicar que los factores que determinaron sus características no han sufrido cambios significativos en los últimos 3000 años. El diámetro registrado de las raíces y su similitud a las raíces del paleobosque, puede indicar que estos paleobosques estaban constituidos por árboles que requerían mecanismos especializados de estabilidad por lo que muy seguramente estos bosques se encontraban en áreas inundadas influenciadas por los vientos, y por lo tanto estaban constituidos por árboles de *Rhizophora mangle*, con gran cantidad de raíces fúlcreas. El tamaño de las paleoconchas podría ser un indicador de un ambiente marino, con condiciones favorables para su crecimiento (ausencia de depredadores, características fisicoquímicas del agua, y alta productividad).

El cálculo del diámetro de la raíz a través de la huella de fijación de las paleoconchas, la biometría de las paleoconchas y las conchas actuales, y el estudio de la estructura del bosque asociados a las raíces con presencia de ostras, resultó ser una herramienta efectiva

que permitió obtener una buena aproximación de la arquitectura del paleobosque del sector de Castilletes-Alta Guajira. Se concluye que el análisis de las conchas de *C. rhizophorae* puede ser una herramienta novedosa y de bajo costo que permite adquirir información sobre el paleoambiente de los bosques de *R. mangle*.

AGRADECIMIENTOS

Esta investigación se llevó a cabo con financiamiento del proyecto Binacional N° 1037 titulado “Recuperación de Áreas en proceso de desertificación del Caribe y/o de países miembros del ALBA. Fase I. Parte 3. Diagnóstico de áreas vulnerables o en procesos de desertificación en zonas insulares y costeras con validación del modelo a nivel local” que lleva a cabo el laboratorio de Protección y Manejo de Cuencas del Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas. Se agradece la participación como investigadores comunitarios regionales a Martín Oquendo por el conocimiento y logística aportada para la recolecta de las ostras. A Eduardo Carrillo, Lenin Parra, Pablo Velozo y Carla Zorrilla por el trabajo de campo para la datación de los conchales. A la comunidad del Sector de Castilletes, Alta Guajira.

RESUMEN

Los conchales constituyen un rasgo muy característico de las adaptaciones humanas a los ambientes litorales. Analizar su composición y su variabilidad puede brindar indicios en cuanto a la subsistencia de antiguas poblaciones humanas, procesos de formación e información sobre cambios en el ambiente. Este estudio evaluó el uso de paleoconchas halladas en conchales para inferir las condiciones paleoambientales de un bosque de manglar. Datos de paleoconchas de conchales ubicados en Castilletes-Alta Guajira, Venezuela fueron datados en $3\ 580 \pm 30$ años A.P, se incluyeron datos de conchas actuales provenientes de la Laguna de Cocinetas (Castilletes) y de isla Maracas (Lago de Maracaibo). Se examinaron un total de 185 muestras con marcas de fijación de la raíz de mangle, paleoconchas ($n = 109$) y conchas actuales ($n = 76$) de *C. rhizophorae*. Posteriormente, se estimaron los diámetros de las paleoraíces y de las raíces actuales a través de un modelo geométrico utilizando la huella de fijación de la concha. Para validar el modelo se midieron directamente

los diámetros de las raíces actuales. Adicionalmente se realizó un estudio fisionómico en los bosques de ambas localidades de estudio, para asociar la estructura del bosque, con el diámetro de las raíces y la información de las conchas. Los resultados mostraron que no hay diferencias significativas entre los diámetros de las raíces obtenidas por el modelo geométrico y los diámetros de las raíces medidas directamente (Castilletes $P = 0.160854$; Maracas $P = 0.617271$). Las mediciones de las conchas mostraron que las paleoconchas son más largas que las conchas modernas. Los diámetros de las paleoraíces no mostraron diferencias significativas con las raíces del bosque actual de Castilletes (zona expuesta) $P = 0.303518$, contrastando con los diámetros de las raíces de isla Maracas (zona protegida) ($P = 0.017771$). El estudio fisionómico mostro que el bosque actual de Castilletes tiene un DAP y una altura (11.10 y 4.90 m respectivamente) menor que Maracas (34.86 cm y 10.62 m), respondiendo a la exposición a los vientos. Se determinó que el paleobosque y el bosque actual de Castilletes tienen características similares asociadas con ambientes áridos, con fuerte exposición a los vientos. Se concluye que el análisis de las huellas de fijación de las paleoconchas es un método novedoso y de bajo costo que permite obtener información sobre el paleoambiente de los bosques de *R. mangle*.

Palabras clave: paleoambiente, *Crassostrea rhizophorae*, *Rhizophora mangle*, Caribe, Castilletes.

REFERENCIAS

- Ainis, A. F., Vellanoweth, R. L., Lapeña, Q. G., & Thorner, C. S. (2014). Using non-dietary gastropods in coastal shell middens to infer kelp and seagrass harvesting and paleoenvironmental conditions. *Journal of Archaeological Science*, 49, 343-360.
- Álvarez, R. (2004). Conchales arqueológicos y comunidades locales de Chiloé a través de una experiencia de educación patrimonial. *Chungara. Revista de Antropología Chilena, Volumen especial*, 1151-1157.
- Álvarez-León, R. & Maldonado-Pachón, H. (2009). Arqueofauna encontrada en Puerto Chacho, sitio arqueológico del Caribe colombiano (3 300 a. C.). *Revista de la Academia Colombiana de la Ciencia*, 33(128), 399-416.
- Arnold, J. E., & Tissot, B. N. (1993). Measurement of significant marine paleotemperature variation using black abalone shells from prehistoric middens. *Quaternary Research*, 39(3), 390-394.
- Balbo, A. L., Madella, M., Vila, A., & Estévez, J. (2010). Micromorphological perspectives on the stratigraphical excavation of shell middens: a first approximation from the ethnohistorical site Tunel VII, Tierra del Fuego (Argentina). *Journal of Archaeological Science*, 37, 1252-1259.
- Baqueiro-Cárdenas, E. R., Borabe, L., Goldaracena-Islas, C. G., & Rodríguez-Navarro, J. (2007). Los moluscos y la contaminación: Una revisión / Mollusks and pollution: A review. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 78(1), 1-7.
- Buitrago, E., Buitrago, J., Freitas, L., & Lodeiros, C. (2009). Identificación de factores que afectan al crecimiento y la supervivencia de la ostra de mangle, *Crassostrea rhizophorae* (Guilding, 1828), bajo condiciones de cultivo suspendido en la laguna de La Restinga, Isla de Margarita, Venezuela / Identification of environmental factors affecting growth and survival of the mangrove oyster, *Crassostrea rhizophorae* (Guilding, 1828), in suspended culture at La Restinga lagoon, Margarita Island, Venezuela. *Zootecnia Tropical*, 27(1), 079-090.
- Cabral, J. P., & Coelho da Silva, A. F. (2003). Morphometric analysis of limpets from an Iron-age Shell midden found in northwest Portugal. *Journal Archaeological Science*, 30(7), 817-829.
- Carrillo, E. (2011). *Resultado de dataciones radiocarbónicas de conchales de Castilletes, Estado Zulia* (Informe Técnico). Venezuela: Laboratorio de Protección y Manejo de Cuencas, Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas.
- Casler, C. & Castellano, A. (2008). Preservando la fauna en el sistema del Lago de Maracaibo. *Boletín del Centro de Investigaciones Biológicas de la Universidad del Zulia*, 42(2), 281-298.
- Cedeño, J., Prieto, J. P., Pereda, L., & Allen, T. (2010). Abundancia y riqueza de moluscos y crustáceos asociados a las raíces sumergidas del mangle rojo (*Rhizophora mangle*) en la laguna de Bocaripo, Sucre, Venezuela. *Revista de Biología Tropical*, 58, 213-226.
- CORPOZULIA (Corporación de Desarrollo de la Región Zuliana). (2010). Dossier Municipio Almirante Padilla, estado Zulia, Venezuela. Vicepresidencia de la República Bolivariana de Venezuela. Imprenta Nacional. Caracas, Venezuela.
- Estévez, J., Piana, E., Schiavini, A., & Juan-Muns, N. (2001). Archaeological analysis of shell middens in the Beagle Channel. Tierra Del Fuego Island International. *Journal of Osteoarchaeology*, 11(1), 24-33.
- Faulkner, P. (2009). Focused, intense and long-term: evidence for granular ark (*Anadara granosa*) exploitation from late Holocene shell mounds of Blue Mud Bay, northern Australia. *Journal of Archaeological Science*, 36, 821-834.
- Faulkner, P. (2010). Morphometric and taphonomic analysis of granular ark (*Anadara granosa*) dominated shell deposits of Blue May Bay, northern Australia. *Journal of Archaeological Science*, 37, 1942-1952.
- Fromard, F., Puig, H., Mougin, E., Marty, G., Betoulle, J., & Cadamuro, L. (1998). Structure, above-ground

- biomass and dynamics of mangrove ecosystems: new data from French Guiana. *Oecologia*, 115, 39-53.
- Gernet, M., Melo, V., Dieckow, J., Lima, V., & Silva, W. (2014). Genesis and occupancy of a shell midden on Paraná State coast, Brazil. *Quaternary International*, 352, 135-146.
- Godó, P. & Pino, M. (2002). Sociedades aborígenes de Cuba: sistemas de asentamiento y economía del manglar. En L. Menéndez & J. Guzmán (Eds.), *Ecosistemas de manglar en el archipiélago cubano* (pp. 21-31). Cuba: Editorial Academia Cuba, UNESCO MAB IES.
- González-Pacheco, L. (1990). *Peces y pesca en el conchero de Puerto Chacho Bolívar Un estudio etno-arqueológico*. Semestre de Campo. Fac. Humanidades y Ciencias Sociales, Departamento de Antropología, Universidad de Los Andes.
- Hammond, H. (2012). Propuesta metodológica para el estudio de conjuntos malacológicos de sitios concheros: su aplicación en la costa norte de Santa Cruz (Patagonia Argentina). *Zaranda De Ideas: Revista de Jóvenes Investigadores en Arqueología*, 8(2), 77-102.
- Hammond, H., Zilio, L., & Castro, A. S. (2015). Stratigraphic lithic assemblages from shell middens on the northern coast of Santa Cruz (Patagonia, Argentina). *Quaternary International*, doi:10.1016/j.quaint.2015.02.003
- Hernández, O., Troccoli, G., & Millán, J. (1998). Crecimiento, engorde y sobrevivencia de la Ostra de Mangle *Crassostrea rhizophorae* Guilding, 1828 en la Isla de Cubagüa, Venezuela. *Caribbean Journal of Science*, 34(3/4), 243-249.
- Jerardino, A. (2010). Large shell middens in Lamberts Bay, South Africa: a case of hunter-gatherer resource intensification. *Journal of Archaeological Science*, 37, 2291-2302.
- Kathiresan, K., & Bingham, B. L. (2001). Biology of mangroves and mangroves ecosystems. *Advances in Marine Ecology*, 40, 81-251.
- Krauss, K. W., Lovelock, B. F., McKee, K. L., López-Hoffman, L., Ewe, S. M. L., & Sousa, W. P. (2008). Environmental drivers in mangrove establishment and early development: A review. *Aquatic Botany*, 89, 105-127.
- Medina, E. & Barboza F. (2003). Manglares del Sistema del Lago de Maracaibo: Caracterización Fisiográfica y Ecológica. *Ecotropicos*, 16(2), 75-82.
- Medina, E. & Barboza, F. (2006). Lagunas costeras del lago de Maracaibo: distribución, estatus y perspectivas de conservación. *Ecotropicos*, 19(2), 128-139.
- Menéndez, L., Guzmán, J. M., Capote-Fuentes, R., Gómez, R., & Sotillo, A. (2002). Estructura de los bosques de mangle en Cuba. En L. Menéndez & J. Guzmán, (Eds.), *Ecosistemas de manglar en el archipiélago cubano* (pp. 70-95). Cuba: Editorial Academia Cuba, UNESCO MAB IES.
- Morey, D., & Crothers, G. (1998). Clearing up clouded waters: Palaeoenvironmental analysis of freshwater mussel assemblages from the Green River Shell Middens, Western Kentucky. *Journal of Archaeological Science*, 25, 907-926.
- Nikolic, M., Bosh, A., & Alfonso, S. (1976). A system for farming the mangrove oyster *Crassostrea rhizophorae* (Guilding, 1828). *Aquaculture*, 9, 1-18.
- Orquera, L. E. & Piana, L. (2000). Composición de conchales de la costa del canal Beagle (tierra del fuego, República Argentina) - Primera parte. *Relaciones de la Sociedad Argentina de Antropología*, 25, 249-274.
- Piperno, D., & Jones, J. (2003). Paleoecological and archaeological implications of a Late Pleistocene/ Early Holocene record of vegetation and climate from the Pacific coastal plain of Panama. *Quaternary Research*, 59, 79-87.
- Prüsmann, J. & Palacio, J. (2008). Colonización de moluscos y crustáceos en raíces de mangle rojo. *Gestión y ambiente*, 11(3), 77-86.
- Rull, V. (1998). Evolución de los manglares neotropicales: la crisis del Eoceno. *Interiencia*, 23(6), 355-362.
- Saunders, R., & Russo, M. 2011. *Coastal shell middens in Florida: A view from the Archaic Period*. *Quaternary International*, 239, 38-50.

