

## Sucesión temprana de la taxocenosis Mollusca-Annelida-Crustacea en raíces sumergidas de mangle rojo en San Andrés Isla, Caribe colombiano

Early succession of the taxocenosis Mollusca-Annelida-Crustacea on red mangrove submerged roots in San Andres Island, Colombian Caribbean

Patricia E. Romero-Murillo<sup>1</sup> y Jaime Polanía<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Red de Desarrollo Sostenible. Diagonal 40A N° 14-66. Bogotá, Colombia

<sup>2</sup>Instituto de Estudios Ambientales-IDEA Sede Medellín, Calle 59A N° 63-20, Medellín, Colombia  
patolinro@gmail.com

**Abstract.**- The early succession of the taxa Annelida, Mollusca and Crustacea on *Rhizophora mangle* (red mangrove) submerged roots was analyzed using old branches as ground (which were the experimental units) in San Andres Island. The analysis was related to some physico-chemical and environmental variables during 188 days, between November/2002 and May/2003, in Hooker and Honda bays. A total of 34,175 individuals in 130 experimental units were counted, where the annelids represented the largest proportion (77.1%) from the whole sample. A dendrogram and a nonmetric multidimensional scaling (NMDS) were constructed for each one of the three studied taxa. The analyses showed a weak similarity between the internal part of the Hooker Bay and the remaining stations. Shannon-Wiener diversity, Pielou evenness, Margalef richness and Simpson predominance indexes were calculated throughout the study; the three first indices showed greater values in Hooker Bay than in Honda Bay, while the predominance index was greater in Bay Honda. There were pioneers organisms such as *Spirorbis* sp., and transient ones, such as crustaceans, whilst molluscs seemed to need longer periods to settle in. These responses reveal that geomorphological characteristics, presence or absence of freshwater currents, tides and rainfall mainly, as well as anthropic factors can influence the development of these communities. Larval dispersion and the proximity to other ecosystems increase or reduce the populations, and only some organisms, adapted to extreme conditions, settle down and maintain in the area. Under favorable conditions, abundance and species diversity tend to increase.

Key words: Mangrove roots, Caribbean

**Resumen.**- Se analizó la sucesión temprana de los taxa Annelida, Mollusca y Crustacea asociados a las raíces sumergidas de *Rhizophora mangle* (mangle rojo), empleando ramas del mismo como sustrato artificial (unidades experimentales). El análisis se relacionó con algunas variables físico-químicas y ambientales durante 188 días en San Andrés Isla, entre noviembre 2002 y mayo 2003, en tres estaciones de dos bahías, Hooker y Honda. Se identificaron 34.175 individuos en 130 unidades experimentales, los anélidos mostraron la mayor proporción (77,1%). Se generó un análisis de ordenación y clasificación (dendrograma y un escalamiento multidimensional no métrico-NMDS) para cada uno de los tres taxa estudiados. Los análisis revelaron débil similaridad entre la parte interna de Bahía Hooker y las estaciones restantes. Se calcularon los índices de diversidad de Shannon-Wiener, uniformidad de Pielou, riqueza de Margalef y predominio de Simpson a lo largo del estudio; los tres primeros presentaron mayores valores en Bahía Hooker que en Honda, mientras que el índice de predominio fue mayor en Bahía Honda. Hubo organismos pioneros como el anélido *Spirorbis* sp. y transitorios como los crustáceos; los moluscos parecieron necesitar periodos más prolongados para asentarse. Estas respuestas revelan que características geomorfológicas, presencia o ausencia de corrientes de agua dulce, mareas y lluvias, principalmente, y factores antrópicos pueden influir en el desarrollo de estas comunidades. Dispersión larval y proximidad con otros ecosistemas aumentan o disminuyen las poblaciones; sólo algunos organismos adaptados a condiciones extremas se establecen y mantienen en el área. Bajo condiciones favorables, la abundancia y diversidad de especies tienden a aumentar.

Palabras clave: Raíces de mangle, Caribe

---

### Introducción

Los manglares son ecosistemas de litorales, desembocaduras de ríos, lagunas, esteros, terrenos con relieve plano fangoso tropicales y subtropicales (Lacerda

*et al.* 2001). En Colombia cubren > 300.000 ha distribuidas entre las costas del Mar Caribe (20-30%) y del Océano Pacífico (70-80%). La principal especie arbórea es el mangle rojo, *Rhizophora mangle* (L.), distinguida por sus raíces en zancos, la cual sirve de

sustrato y hábitat a organismos permanentes o transitorios de moluscos, anélidos y crustáceos, entre otros. Estos grupos pueden ser descritos por sus mecanismos de adaptación a las variaciones de salinidad y temperatura, además de resistir a desecación e inmersión. Así mismo, presentan hábitos incrustantes, perforadores y vágiles (Reyes & Campos 1992a), y pueden mostrar gradientes en la zonación sobre las raíces (Batista 1980, Farnsworth & Ellison 1996). Los organismos con hábitos sésiles pueden ser filtradores, herbívoros o depredadores (Farnsworth & Ellison 1996, Pérez & Victoria 1980<sup>1</sup>) y, a su vez, servir como fuente de alimento para taxa de mayor tamaño (Reyes & Campos 1992b).

Algunos resultados de los estudios realizados en el archipiélago colombiano de San Andrés, Providencia y Santa Catalina fueron sintetizados en los trabajos de Londoño-Mesa *et al.* (2002) y Vilarity & Polanía (2002); Moreno (2002) determinó la composición y la estructura de la comunidad de invertebrados asociados a las raíces del mangle rojo en el complejo de bahías Honda/Hooker, mientras que Romero-Murillo (2004) estudió esta composición en un período de sucesión.

Los organismos asociados a las raíces pueden reflejar los procesos sufridos por el ecosistema, de manera que resulta importante conocerlos y verificar su comportamiento frente a diferentes sucesos naturales o alteraciones ambientales. El presente estudio permite analizar la sucesión temprana durante seis meses, de tres taxa de invertebrados asociada a las raíces sumergidas de *R. mangle* a partir de un sustrato artificial, con relación a la temperatura y la precipitación en San Andrés Isla.

San Andrés Isla es la mayor del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, localizada entre los (12° 32' N y 12° 36' N y los 81° 40' O y 81° 44' O) (Fig. 1), a 800 km de la costa continental colombiana. Su clima es seco tropical y su temperatura media anual  $27,4^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$  (García-Barriga *et al.* 1985, Garay *et al.* 1988, Díaz *et al.* 1996). La temperatura promedio del agua superficial es similar en aguas oceánicas y litorales ( $28,1 \pm 2^{\circ}\text{C}$ ) (Díaz *et al.* 1995). Predominan los vientos alisios del noreste y este-noreste (enero y abril) (García-Barriga *et al.* 1985, Garay *et al.* 1988, Díaz *et al.* 1996). La vegetación es de bosque seco tropical con transición

<sup>1</sup>Pérez ME & C Victoria. 1980. Aspectos de la comunidad de invertebrados de las raíces sumergidas del mangle rojo en la Bahía de Cartagena. Instituto de Investigaciones Marinas de Punta de Betún (INVEMAR). Seminario Latinoamericano sobre el estudio científico y el impacto humano en el ecosistema de manglares. UNESCO. p. 20. Colombia.

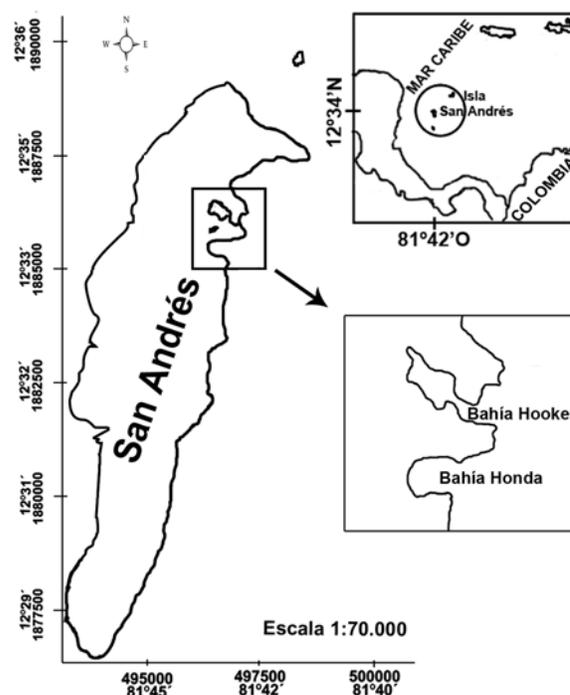


Figura 1

Ubicación del área de estudio en San Andrés Isla (tomado y modificado de CORALINA, 2007)

Study area in San Andrés Island (taken and modified from CORALINA, 2007)

a húmedo (Díaz *et al.* 1995), con manglares especialmente a barlovento (Buitrago & Cuartas 2003). No existen corrientes de agua dulce permanentes, deposición de aguas subterráneas por lluvias, pantanos y charcas (García-Barriga *et al.* 1985).

## Material y métodos

El estudio se efectuó desde el final de la época lluviosa, en noviembre de 2002, hasta mayo de 2003, en dos bahías de la Isla San Andrés (Hooker y Honda). Se evaluó un total de 130 unidades experimentales, ramas de aproximadamente 80 cm de longitud, recolectadas de árboles vecinos y dispuestas como falsas raíces, amarradas perpendicularmente a las verdaderas sumergidas de cada estación y escogidas al azar, distribuidas en cada una de tres estaciones (interna (1), media (2) y externa (3)) en las bahías Hooker (K) y Honda (O). A los 30 días de montadas las falsas raíces se efectuó un pre-muestreo, recolectando tres unidades por estación en cada bahía para revisar el inicio del proceso de sucesión, y cuatro unidades para los siguientes muestreos a los 57, 103, 132, 161 y 188 días. En el día 188 sólo se

tuvieron en cuenta la parte interna y media solamente por agotamiento de montajes en la externa. Las raíces retiradas se colocaron en bolsas plásticas y fueron refrigeradas hasta su procesamiento en laboratorio. En cada muestreo se midieron las variables temperatura del agua y salinidad, y se tuvo en cuenta la precipitación en cada período muestreado.

Los organismos de las raíces fueron separados por grupos (moluscos, crustáceos, y anélidos), fijados en formol al 4% y luego preservados en alcohol al 70%. Los grupos se identificaron mediante claves taxonómicas y registros fotográficos hasta el nivel más cercano a especie o, en su defecto, como morfotipo. Se utilizaron claves y referencias para Mollusca (Díaz & Puyana 1994, González 1998, Victoria & Pérez 1979), para Crustacea (Bousfield 1973, Victoria & Pérez 1979, Rodríguez 1980, Ortiz 1994, Gutu & Sieg 1999, Brusca *et al.* 2001<sup>2</sup>, Larsen 2002<sup>3</sup>), y para Annelida (Nonato & Luna 1970, Harper 1971, Fauchald 1975, Fauchald 1977a, b, Victoria & Pérez 1979, Salazar-Vallejo *et al.* 1988, Salazar-Vallejo & Carrera-Parra 1997a, b, De León-González 2001, Rouse & Pleijel 2001).

Para el tratamiento de los datos se utilizó un análisis multivariado con el programa PRIMER-Plymouth Routines in Multivariate Ecological Research V5 para cada uno de los grupos por muestreo, bahía y estación (Ramírez 1999). Un análisis de clasificación y ordenación utilizó el coeficiente de similaridad de Bray-Curtis; los métodos gráficos del análisis de dendrogramas y de escalamiento multidimensional no métrico (NMDS) agruparon las tres taxa con un porcentaje de similaridad para comparación del 60% en el dendrograma, y se efectuó un tratamiento individual para cada grupo en el análisis del escalamiento multidimensional no métrico con los siguientes rangos de estrés: menor a 0,01, gráfica con perfecta representación; entre 0,01 y 0,05, excelente representación; entre 0,05 y 0,1, buena representación con poca probabilidad de mala interpretación; entre 0,1 y 0,2, gráfica de dos dimensiones potencialmente útil. Además, se calcularon los índices ecológicos: riqueza

de Margalef ( $d=(S-1)/\text{Log}(N)$ ), uniformidad de Pielou ( $J'=H'/\text{Log}(S)$ ), diversidad de Shannon-Wiener con base e ( $H'=\sum(P_i*\text{Log}(P_i))$ ) y predominio de Simpson ( $\lambda=\sum(P_i^2)$ ) (Odum 1972), para cada una de las dos bahías, cada una de las tres estaciones en las bahías Hooker y Honda y el período muestreado.

## Resultados

El material recolectado en el pre-muestreo, realizado el día 30 del experimento incluyó cianobacterias, algas verdes y huevos no identificados, permitió verificar el inicio de la colonización. En el marco de este estudio se recolectaron en total 34.175 individuos, así: 4.676 (13,7%) pertenecientes a 20 familias de Mollusca; 26.346 (77,1%) en 13 familias de Annelida; 3.153 (9,2%) agrupados en 19 familias de Crustacea (Tabla 1). Las taxa más abundantes fueron *Spirorbis* sp. (24.618 individuos), *Petalococonchus* sp. (4.059 individuos), Pseudozeuxidae morfo 1 (1.166 individuos).

Las estaciones O1 y O2 presentaron fondos de lodos y abundantes conchas vacías, mientras que O3 mostró un sustrato grueso de arenas. En todas las raíces (*v.gr.* estación K3) mostraron abundantes algas, que no fueron identificadas para este estudio. La estación K2 tenía más de 1,20 m de profundidad y K1 no más de 80 cm. Al caminar sobre el fondo en ambas estaciones se liberaron aceites del sustrato, presumiblemente atrapados allí desde hace más de 20 años, cuando funcionaba cerca la planta eléctrica de la isla.

La precipitación disminuyó de noviembre a mayo (Fig. 2). La salinidad aumentó desde el día 30

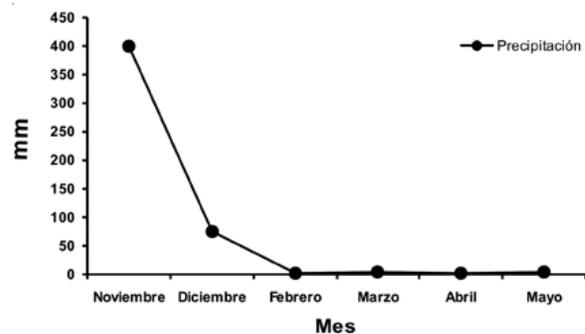


Figura 2

**Precipitación de los meses estudiados. Datos suministrados por la Estación Meteorológica Aeropuerto Gustavo Rojas Pinilla-IDEAM-San Andrés Isla, 2003**

Rainfall during the months of study. Data provided by Meteorological Station Gustavo Rojas Pinilla airport-IDEAM-San Andrés Island, 2003

<sup>2</sup>Brusca RC, V Coelho & S Taiti. 2001. A guide to the coastal isopods of California. A revision of the family Cirolanidae (Crustacea: Isopoda) with Monographs on Selected Genera <http://tolweb.org/treeeukaryotes/animals/arthropoda/crustacea/isopoda/accessory/caguide/caguide.html>> Consultado en junio 2003.

<sup>3</sup>Larsen, K. 2002. Tanaidacea Families. Crustacea. Net. <<http://www.crustacea.net/crustace/tanaidacea/>>.USA. Consultado el 5 de junio 2003.

Tabla 1

Mollusca, Annelida y Crustacea recolectados entre febrero y mayo de 2003 en San Andrés Isla, bahías Hooker y Honda  
Mollusca, Annelida and Crustacea collected between February and May 2003 on San Andres Island, Hooker and Honda bays

Especie / Grupo	Bahía Honda (O)					Bahía Hooker (K)					
	Día	57	103	132	161	188	57	103	132	161	188
MOLLUSCA											
<i>Tricolia adamsi</i> (Philippi, 1853)	0	0	9	2	0	0	0	0	0	0	0
<i>Tricolia bella</i> (Smith, 1937)	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
<i>Neritina virginia</i> (Linné, 1758)	3	2	2	0	0	0	0	2	2	1	0
<i>Littorina angulifera</i> (Lamarck, 1822)	0	0	1	0	0	3	0	1	6	0	0
Hydrobiidae Morfo 1 (Stimpson, 1865)	3	10	23	2	4	3	41	3	6	0	0
<i>Assiminea succinea</i> (Pfeiffer, 1840)	0	0	1	0	1	0	3	0	0	0	0
<i>Solariorbis</i> sp. (Conrad, 1865)	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0
<i>Cyclostremiscus</i> sp. (Pilsbry & Olsson, 1965)	341	0	0	0	2	0	1	0	0	0	0
<i>Caecum cornucopidae</i> (Carpenter, 1858)	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0
<i>Modulus modulus</i> (Linné, 1758)	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Modulus carchedonius</i> (Gray, 1842)	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Petalocochus</i> sp. (H.C. Lea, 1843)	15	73	2	2373	490	471	1	1	382	251	0
<i>Cerithium lutosum</i> (Menke, 1828)	1	0	9	0	3	0	0	0	0	0	0
<i>Cerithidea pliculosa</i> (Menke, 1829)	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
<i>Anachis cf. sertulariarum</i> (d'Orbigny, 1839)	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Anachis sparsa</i> (Reeve, 1859)	0	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Prunum</i> sp. (Hermannsen, 1852)	2	1	5	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Cysticus</i> sp.1 (Stimpson, 1869)	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0
<i>Cysticus</i> sp.2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Marginellidae Morfo 1 (Fleming, 1828)	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Haminoea</i> sp.1 (Pilsbry, 1895)	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Haminoea</i> sp.2	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0
<i>Haminoea</i> sp.3	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
<i>Haminoea cf. antillarum</i> (d'Orbigny, 1841)	0	0	0	0	0	0	2	3	1	2	0
<i>Bulla striata</i> (Bruguière, 1792)	1	0	3	6	0	0	0	0	0	0	0
<i>Melampus coffeus</i> (Linné, 1758)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Isognomon alatus</i> (Gmelin, 1791)	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0
<i>Mytilopsis sallei</i> (Récuze, 1849)	0	0	0	0	0	0	3	1	0	1	0
<i>Chione cancellata</i> (Linné, 1767)	0	2	0	0	0	0	0	1	0	0	0
<i>Bankia</i> sp. (Gray, 1842)	2	0	0	7	0	0	21	20	6	0	0
Total	369	88	68	2399	500	478	77	36	405	256	0
ANNELIDA											
<i>Pilargis</i> sp.	0	1	0	0	7	0	0	0	0	0	0
<i>Exogone</i> sp.	0	5	1	1	0	1	0	0	3	19	0
<i>Trypanosyllis</i> sp.	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Ehlersia</i> sp.	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
<i>Typosyllis</i> sp.	2	0	4	1	0	3	1	0	2	3	0
<i>Branchiosyllis</i> sp.	2	0	4	3	3	3	2	0	0	1	0
<i>Neanthes</i> sp.	1	4	1	5	0	8	2	9	14	3	0
<i>Marphysa</i> sp.	1	0	2	1	21	0	2	2	4	8	0
<i>Lysidice</i> sp.	0	0	6	3	0	5	6	2	1	18	0

(Cont. Tabla 1)

<i>Cirratulus</i> spp.	0	0	1	0	2	0	0	0	1	1
<i>Mediomastus</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0
<i>Heteromastus</i> spp.	0	0	0	0	0	2	0	0	1	0
<i>Capitella</i> spp.	0	0	2	1	1	0	0	0	1	0
<i>Anotomastus</i> spp.	0	0	0	1	6	0	0	0	0	0
Maldanidae Morfo 1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Armandia</i> sp.	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Terebella</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
<i>Streblosoma</i> sp.	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0
<i>Terebellides</i> sp.	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Sabellastarte</i> spp.	0	3	7	6	8	54	22	15	97	581
<i>Hydroides</i> spp.	1	7	22	0	0	5	0	1	3	2
Serpulidae Morfo 1.	54	0	2	39	0	96	18	16	428	6
<i>Spirorbis</i> sp.	2224	2060	6158	3000	730	1296	2860	4536	1668	86
Total	2289	2084	6210	3062	779	1473	2913	4582	2226	728
CRUSTACEA										
<i>Pachygrapsus gracilis</i> (de Saussure, 1858)	3	0	4	0	1	2	5	11	1	0
<i>Pachygrapsus transversus</i> (Gibbes, 1850)	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
<i>Aratus pisoni</i> (Warner 1967)	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
<i>Alpheus</i> sp.	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Aoridae Morfo 1	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0
Cf. <i>Microdeutopus</i> Morfo 1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Cf. <i>Corophus</i> Morfo 1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Cf. <i>Erichtonius</i> Morfo 1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Cf. <i>Crangonyx</i> spp.	1	1	1	1	2	0	21	1	0	3
Gammaridae Morfo 1	12	0	34	7	14	24	23	8	26	27
Gammaridae Morfo 2	0	4	0	0	0	0	10	0	18	0
Gammaridae Morfo 3	0	1	0	0	0	0	2	0	2	1
Gammaridae Morfo 4	0	0	0	0	0	0	1	0	2	0
Gammaridae Morfo 5	0	2	0	0	0	3	1	2	8	4
Gammaridae Morfo 6	0	4	0	0	0	2	1	0	2	0
Gammaridae Morfo 7	0	0	0	0	0	0	2	1	2	0
Gammaridae Morfo 8	0	0	2	0	0	0	0	2	0	0
Gammaridae Morfo 9	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Gammaridae Morfo 10	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
<i>Hyale</i> spp.	65	67	1	5	0	6	48	26	17	0
<i>Parhyale</i> spp.	43	50	10	2	0	1	1	24	3	0
Cf. <i>Listriella</i> spp.	0	2	0	0	0	0	43	0	0	5
<i>Podocercopsis</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Gonodactylidae Morfo 1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
<i>Balanus eburneus</i> (Gould, 1841)	0	0	0	0	0	0	2	16	2	5
<i>Joeropsis</i> spp.	1	8	21	0	0	175	42	156	250	0
Postlarva Flabellifera	0	0	0	0	0	3	0	0	0	23
<i>Excorallana</i> spp.	6	2	0	40	24	13	2	4	26	3
<i>Paracerceis</i> spp.	0	0	1	1	0	5	63	6	11	6
<i>Gnatia</i> sp.	0	0	1	0	0	0	0	2	0	0
<i>Ligia</i> sp.	1	7	0	0	0	0	0	1	0	0
<i>Leptocheilia</i> sp.	1	0	2	0	0	0	0	0	0	3
Leptocheilidae Morfo 1	35	3	16	6	0	70	35	13	76	16
Leptocheilidae Morfo 2	0	0	0	0	0	9	12	0	0	6
Leptocheilidae Morfo 3	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0
Pseudozeuxidae Morfo 1	153	12	188	50	0	205	150	99	253	56
Tanaidae Morfo 1	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0
Total	321	163	289	113	44	518	473	373	701	158
TOTAL	2979	2335	6567	5574	1323	2469	3463	4991	3332	1142

**Tabla 2**

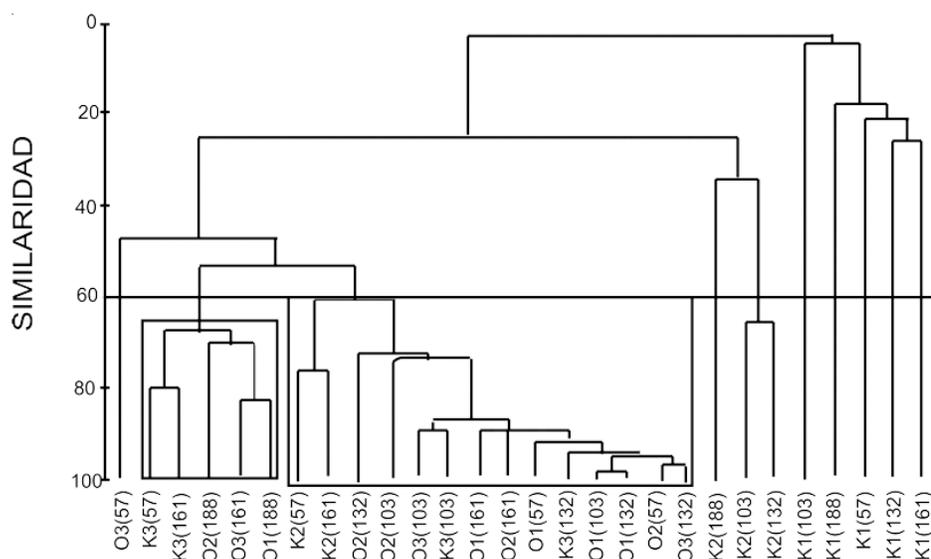
**Salinidad (ups) y temperatura (°C) a los 103, 132, 161 y 188 días de muestreo en dos bahías en San Andrés Isla, 2003**

Salinity (psu) and temperature (°C) at 103, 132, 161 and 188 days of sampling in two bays at San Andres Island, 2003

Días	Parámetro	Estaciones					
		Bahía Honda			Bahía Hooker		
		E1	E2	E3	E1	E2	E3
30	UPS	22,0	23,0	24,0	24,0	27,0	29,0
	°C	29,7	29,0	29,9	29,6	30,0	29,7
103	UPS	37,0	39,0	38,0	37,0	37,0	37,0
132	UPS	42,9	42,7	40,9	36,8	42,0	41,9
	°C	29,0	31,8	31,3	31,2	31,9	31,3
161	UPS	36,0	37,0	38,0	32,3	36,0	33,0
	°C	36,7	33,6	30,0	35,7	32,7	32,0
188	UPS	37,7	36,7		35,8	32,3	
	°C	33,9	33,8		35,8	36,6	

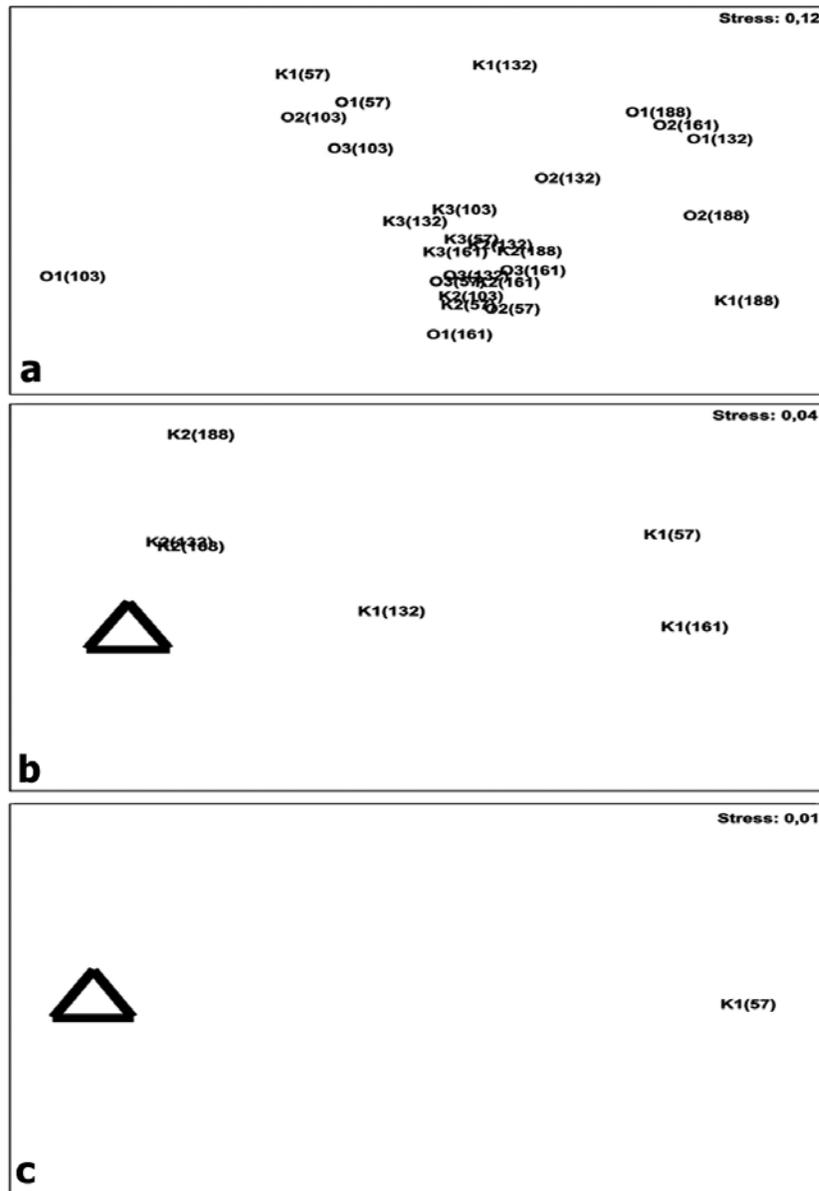
(equivalente al premuestreo) hasta el 132, con una ligera disminución hacia el 161. Hasta el final del estudio los valores se mantuvieron más o menos constantes. La temperatura aumentó desde el día 30 hasta el 161. A los 188 días no había habido mayor cambio (Tabla 2).

El análisis de similitud en el dendrograma reunió estaciones de diferentes lapsos. Se formaron dos grupos, I: K3(57), K3(161), O2(188), O3(161), O1(188); II: K2(57), K2(161), O2(132), O2(103), K3(103), O1(161), O2(161), O1(57), K3(132), O1(103), O1(132), O2(57), O3(132) (Fig. 3), que revelaron poca similitud entre la estación 1 de Bahía Hooker (K1) y las demás. El resultado del NMDS (Fig. 4) mostró que dicha estación estuvo más dispersa que las demás, principalmente en el esquema para anélidos con un nivel de estrés de representación más que razonable (0,04), algunas veces acompañada por K2. Para el esquema de crustáceos en el mismo análisis esto no fue tan evidente, no se identificaron grupos de estaciones. Para moluscos, con un nivel de estrés de 0,01, solamente se dispersó KI (57), mostrando un proceso diferente. Teniendo en cuenta que los anélidos fueron los más abundantes, estas agrupaciones posiblemente se dieron por la aparición constante y frecuente de *Spirorbis* sp. especialmente, y por otras especies en menor cuantía, lo que no ocurrió en K1.

**Figura 3**

**Dendrograma efectuado para las comunidades de crustáceos, poliquetos y moluscos desde febrero hasta mayo de 2003 en San Andrés Isla (Caribe colombiano), con la siguiente nomenclatura: O: Honda, K: Hooker, estación (1, 2 o 3), (días)**

Dendrogram for community of crustaceans, polychaete worms, and molluscs from February through May 2003 in San Andres Island (Colombian Caribbean), with the following nomenclature: O: Honda, K: Hooker, station (1, 2 or 3), (days)



**Figura 4**

NMDS efectuado para los crustáceos (a), poliquetos (b) y moluscos (c) desde febrero hasta mayo de 2003 en San Andrés Isla (Caribe colombiano), con la siguiente nomenclatura: O: Honda, K: Hooker. La distribución de algunas estaciones en moluscos (O1(57), O2(57), O3(57), K2(57), K3(57), O1(103), O2(103), O3(103), K1(103), K3(103), O1(132), O2(132), O3(132), K3(132), O1(161), O2(161), O3(161), K2(161), K3(161), O1(188), O2(188), K2(188)) y poliquetos (O1(57), O2(57), O3(57), K2(57), K3(57), O1(103), O2(103), O3(103), K1(103), K2(103), K3(103), O1(132), O2(132), O3(132), K1(132), K2(132), K3(132), O1(161), O2(161), O3(161), K1(161), K2(161), K3(161), O1(188), O2(188), K1(188)) se representó así:

△ porque todas estas estaciones estaban formando un solo grupo

NMDS for crustaceans (a), polychaete worms (b), and molluscs (c) from February through May 2003 in San Andres Island (Colombian Caribbean), with the following nomenclature: O: Honda, K: Hooker. The distribution of some stations in mollusks (O1(57), O2(57), O3(57), K2(57), K3(57), O1(103), O2(103), O3(103), K1(103), K3(103), O1(132), O2(132), O3(132), K3(132), O1(161), O2(161), O3(161), K2(161), K3(161), O1(188), O2(188), K2(188)), and polychaete worms (O1(57), O2(57), O3(57), K2(57), K3(57), O1(103), O2(103), O3(103), K1(103), K2(103), K3(103), O1(132), O2(132), O3(132), K1(132), K2(132), K3(132), O1(161), O2(161), O3(161), K1(161), K2(161), K3(161), O1(188), O2(188), K1(188)) were represented as: △ because all of them were making the same group

Tabla 3

**Índices ecológicos aplicados a la abundancia de crustáceos, moluscos y anélidos de *R. mangle* en dos bahías de San Andrés Isla, 2003. Índices de riqueza de Margalef, uniformidad de Pielou, diversidad de Shannon-Wiener, predominio de Simpson, en cada bahía, estación y período muestreado**

Ecological indexes applied to the abundance of crustaceans, mollusks and annelids over *R. mangle* in two bays of San Andres Island, 2003. Margalef's richness, Pielou's uniformity, Shannon-Wiener's diversity and Simpson's predominance indexes, in each bay station and sampled period

Bahía Hooker														
Período	57			103			132			161			188	
Estación	E1	E2	E3	E1	E2									
Índice														
Riqueza	2,817	1,990	2,140	****	2,671	4,068	3,693	3,778	2,825	2,954	3,062	3,048	2,078	3,144
Uniformidad	0,952	0,574	0,470	****	0,716	0,232	0,961	0,780	0,129	0,964	0,438	0,512	0,685	0,491
Diversidad	1,979	1,514	1,333	0,000	1,890	0,818	2,303	2,254	0,415	2,119	1,333	1,648	1,506	1,539
Predominio	0,153	0,332	0,361	1,000	0,202	0,724	0,111	0,143	0,856	0,129	0,443	0,279	0,304	0,344
N° Especies	8	14	17	1	14	34	11	18	25	9	21	25	9	23
N° Individuos	12	688	1769	1	130	3332	15	90	4886	15	687	2630	47	1095
Bahía Honda														
Período	57			103			132			161			188	
Estación	E1	E2	E3	E1	E2									
Índice														
Riqueza	1,482	0,914	2,724	0,592	1,308	2,597	1,069	3,073	3,134	0,421	2,231	2,284	1,018	2,726
Uniformidad	0,155	0,118	0,491	0,027	0,466	0,229	0,053	0,444	0,090	0,265	0,221	0,306	0,359	0,572
Diversidad	0,384	0,211	1,470	0,044	1,023	0,673	0,111	1,306	0,299	0,367	0,567	0,916	0,747	1,619
Predominio	0,854	0,926	0,304	0,988	0,532	0,752	0,969	0,505	0,897	0,804	0,801	0,468	0,503	0,311
N° Especies	12	6	20	5	9	19	8	19	28	4	13	20	8	17
N° Individuos	1672	237	1070	858	453	1024	697	350	5520	1253	217	4104	969	354

En cuanto a los índices ecológicos, en general los mayores valores de diversidad, riqueza y uniformidad analizados para los tiempos de muestreo estuvieron en Bahía Hooker. Por el contrario, para el predominio estuvieron en Bahía Honda. Los valores máximos y mínimos para diversidad y predominio en Hooker se dieron a los 132 días. En cambio en Bahía Honda los mayores y menores registros para diversidad, uniformidad y predominio estuvieron entre los días 57 y 103 días (Tabla 3).

## Discusión y conclusiones

En general, los tres taxa estudiados se diferencian de otras comunidades descritas por Victoria & Pérez (1979) y Reyes & Campos (1992a, b) en la costa caribe colombiana debido a que muchas de las especies de la isla son particulares de esta zona (Londoño-Mesa *et al.* 2002, Moreno 2002, Vilarity & Polanía 2002) posiblemente por encontrarse en una zona insular, a diferencia de los estudios nombrados que son a partir de zonas continentales, y son varias las especies no registradas en estas áreas, como *Tricolia adamsi*, *T. bella*, *Assimenea succinea*, *Sabellastarte* sp., *Pilargis* sp., entre otras.

Aunque desde una etapa temprana hay indicios de fauna asociada, a los 188 días se encontraron nuevas especies colonizadoras, lo que revela que la sucesión no termina en pocos meses y que, posiblemente, cambia con los ciclos climáticos de la isla. La disminución de las lluvias, con aumento en la salinidad desde el pre-muestreo y condiciones estables durante los días posteriores, dieron lugar a un aumento en la abundancia y diversidad (Victoria & Pérez 1979).

Reyes & Campos (1992a, b) observaron que en la Ciénaga Grande de Santa Marta y parte del Parque Tayrona hubo un incremento en la abundancia de las especies asociadas a partir de los periodos de baja salinidad y lluvias constantes. Sin embargo, también existen especies tolerantes a los cambios de salinidad como por ejemplo *Isognomon alatus*, *Neanthes succinea*, *Pachygrapsus gracilis*, entre otras, según lo registrado por Victoria & Pérez (1979), de hecho, estas especies fueron observadas a lo largo de la sucesión y, posiblemente se establecen principalmente por la disponibilidad de sustrato y la oferta alimenticia.

En cuanto al patrón de distribución de las especies en el proceso de sucesión, la fauna asociada a las raíces de

mangle rojo se dispersa en forma de parche, de una manera totalmente azarosa e irregular en toda el área de estudio y desde los comienzos del proceso, con diferencias de raíz a raíz y entre sectores de manera amplia, al igual que en otros estudios (Sutherland 1980, Inclán 1989, Reyes & Campos 1992a, b, Farnsworth & Ellison 1996). Sin embargo, las estaciones 1, 2 y 3 de Bahía Honda y 3 de Bahía Hooker guardan a lo largo del estudio similitud entre especies. La sucesión en las dos bahías de San Andrés Isla indica que el proceso es diferente. Las diferencias, de espacio principalmente, se dan desde el interior de Bahía Honda hacia el exterior de Bahía Hooker, y la parte media e interna de Hooker como otra zona. Cada parte de las bahías muestra características específicas en cuanto al sustrato y la profundidad que producen la separación de las dos zonas mencionadas.

Bahía Hooker, cuerpo de agua semicerrado por modificaciones efectuadas en la entrada de la bahía para la construcción de una planta de energía y el muelle, fue sometida a contaminación térmica y de hidrocarburos, y aún presenta concentraciones de aromáticos totales (Vilardy & Polanía 2002). Sufre contaminación de aguas residuales por los asentamientos a sus alrededores (Romero-Murillo 2004). Bahía Honda es un cuerpo abierto que forma una pequeña laguna costera y se encuentra bordeada en su costado norte por sedimentos carbonatados, con menor profundidad en la boca e influencia permanente de corrientes mareales; afectada parcialmente por aguas servidas (CORALINA 1997).

Para anélidos es notoria la separación que hay entre la estación 1 de Hooker y las demás, que puede ser resultado de las condiciones ambientales, corrientes, vientos y precipitación; K1 presenta una situación característica de pocas especies con poca abundancia, sólo las especies adaptadas a condiciones extremas y difíciles se desarrollan allí, como presencia de desechos de hidrocarburos, aguas servidas y disminución del nivel de agua, o típicas de la zona de mangle. Éstas modulan la comunidad para que sea diferente a las demás zonas y su colonización se produzca de otra manera. Mientras, para los crustáceos esto no es tan visible y las agrupaciones pueden responder a la dispersión larval (Farnsworth & Ellison 1996, Lalana & Pérez 1985). Para moluscos el proceso se desarrolló de manera similar en varias estaciones en diferentes períodos muestreados, a excepción de K1 a los 57 días.

Los anélidos son dominantes y muestran un patrón de sucesión, caracterizado por la ocupación del espacio; la competencia lleva a la dominancia en este caso, desplazando comunidades como la de los moluscos. En este trabajo, *Spirorbis* sp. y otros fueron colonizadores

pioneros y los tubos abandonados se convirtieron en sustrato nuevo (Inclán 1989, Bruno *et al.* 2003), hacia el día 103. Desde el interior de Bahía Honda hasta la parte externa de Bahía Hooker cierta competencia favoreció a esta especie, pues rápidamente ocupó el espacio disponible e impidió que otras, como moluscos necesitados de sustrato estable, permanecieran (Reyes & Campos 1992a). Esto indicaría un período inicial de sucesión, en el que especies de estrategia R (*Spirorbis* sp.) son más numerosos que los de estrategia K (Metcalf-Smith *et al.* 1998).

Por otra parte, K1 presenta una situación característica de pocas especies con poca abundancia. Sólo las especies adaptadas a condiciones extremas y difíciles se desarrollan allí, como presencia de desechos de hidrocarburos, aguas servidas y disminución del nivel de agua, o típicas de la zona de mangle. Londoño-Mesa *et al.* (2002) ya lo habían mencionado para los anélidos como *Neanthes* sp., y Vilardy & Polanía (2002) para moluscos, como *Neritina virginea*.

Se observó que los crustáceos son transitorios, se asientan donde hay un sustrato estable, diferentes fuentes alimenticias y condiciones ambientales propicias para mantenerse, al menos durante alguna etapa de su ciclo de vida. La presencia de ciertos crustáceos perforadores evidencia el sustento que representan las raíces como sustrato para establecerse y como alimento (de manera directa porque se alimentan de ellas o del sedimento que se adhiere a ellas, y de manera indirecta porque se alimentan de organismos que llegan a las raíces).

Las algas en las estaciones 3 de ambas bahías disminuye la competencia de forma indirecta por espacio y aumenta la cantidad de nichos, lo que hace que un mayor número de especies se encuentren en las estaciones para las tres comunidades (Jones *et al.* 1997). Así también la cercanía con otros ecosistemas (arrecifes de coral y praderas de pastos) permite el tránsito de diversas especies (Cruz-Ábrego *et al.* 1994), como *Excorallana* spp. y *Joeropsis* spp., que es lo que presentan estas estaciones.

El comportamiento general de los tres grupos estudiados mostró que la diversidad y la uniformidad fueron mayores en Bahía Hooker. La taxocenosis Mollusca, Annelida y Crustacea se encuentra en una etapa inicial de sucesión, alterada por el cambio en la salinidad (a los 132 días), que incrementó la abundancia de estos organismos en las dos bahías. *Spirorbis* sp. y *Petalococonchus* sp. fueron las especies más abundantes, pero disminuyen después de los 132 días.

Un aporte importante de sedimentos calcáreos favorece el establecimiento de ciertos moluscos, generalmente de poca movilidad, desde la parte interna de Bahía Honda hasta la externa de Bahía Hooker. Entre éstos es posible citar *Ciclostremiscus* sp., *Petalococonchus* sp., *Modulus modulus*, *Caecum cornucopidae* (un gasterópodo que habita usualmente en el sedimento) y *Chione cancellata*. Muchos otros son característicos de los fondos lodosos, como *Melampus coffeus* (un gasterópodo pulmonado) y *Prunum* sp., y otros, como *Littorina angulifera*, *Isognomon alatus* (adherida al sustrato por un biso) y *Mytilopsis salei*, son propios de las raíces de mangle y fueron encontrados en K1.

El proceso de sucesión puede estar influenciado por la geomorfología de las bahías. Especies filtradoras, como por ejemplo *Spirorbis* sp., pueden establecerse fácilmente y la obtención de alimento es más sencilla en aquellas áreas en donde el flujo de las corrientes es mayor, posiblemente por la variación en los vientos, en el caso de bahía Honda. Su disposición como cuerpo abierto permite tener un mayor flujo de corrientes y los vientos llevan al movimiento de partículas, mientras que en bahía Hooker el cuerpo de agua semicerrado lleva a condiciones más difíciles y a un estancamiento de las aguas que fluctúan poco a través del canal de entrada (Garay & Castro 1990).

Si bien no hay datos que lo sustenten, otros factores ambientales (salinidad y temperatura) y antrópicos (presencia de lodos aceitosos y aguas servidas de la antigua planta eléctrica y los actuales barrios aledaños, los valores encontrados por el programa CARIPOL/Colombia hasta 1990 arrojaron un resultado de  $15.88 \mu\text{l}^{-1}$  para las aguas superficiales en la zona de San Luis *sensu* Garay & Castro 1990, García-Hansen *et al.* 2002) también podrían influir en el desarrollo de la taxocenosis (Hensel *et al.* 2002). Los cambios de las temporadas de sequía y lluvias, que varían las concentraciones de salinidad y, posiblemente, también las de partículas disueltas, producen un cambio en la composición de especies. En contraste, Reyes & Campos (1992a) consideran que la agrupación de diferentes épocas puede deberse a una poca relación con la fluctuación de los actores ambientales.

En cuanto a trabajos efectuados en la misma zona, Londoño-Mesa *et al.* (2002) en dos períodos estacionales diferentes (época seca y de lluvias en 1998) encontraron 49 especies. Moreno (2002), quien trabajó en un período similar, halló solamente 54 especies. *Polydora* sp., que fue registrada por Moreno (2002) en una temporada lluviosa, no ha sido registrada en otros trabajos en el área ni en éste. Reyes & Campos (1992a) y Hernández-

Alcántara & Solís-Weiss (1995) han señalado que la precipitación puede ser importante en la regulación de esta taxocenosis y, en este caso, explicaría la aparición de *Polydora* sp. sólo en una temporada lluviosa. En temporada seca prosperan otras poblaciones, como *Sabellastarte* spp., que se mantienen hasta que una nueva temporada de lluvias disminuye la salinidad, entre 5 a 20 ppm (ver Londoño-Mesa *et al.* 2002, Moreno 2002, Vilarity & Polanía 2002).

Las tasas variables de reclutamiento de los representantes de los taxa considerados, seguramente determinan en algún grado las diferencias halladas entre temporadas (Farnsworth & Ellison 1996), y podrán estar relacionadas con las corrientes y aumento en la precipitación, así como con los cambios mareales (Farnsworth & Ellison 1996, Wetthey 2004<sup>4</sup>).

En esta etapa inicial del proceso de sucesión las comunidades no guardan homogeneidad, el cambio en períodos sucesivos no es muy evidente, pero en cuanto hay una variación climática (en precipitación, salinidad, temperatura) se desencadena una serie de nuevos procesos en la colonización de las raíces, con nuevas poblaciones y números indeterminados de individuos.

A partir de este trabajo y para siguientes investigaciones en la zona y en áreas similares, es necesario tener en cuenta que las comunidades acá estudiadas en un proceso sucesional se ven afectadas por factores antrópicos y ambientales, que determinarán el tiempo de recuperación en ambientes que han sufrido algún tipo de disturbio.

## Agradecimientos

Los autores agradecen a las universidades Nacional de Colombia sede Caribe por sus instalaciones, equipos y todo su apoyo para la realización de este trabajo, a la de Bogotá Jorge Tadeo Lozano y a la Militar Nueva Granada por los equipos y el laboratorio. También agradecen la colaboración de los biólogos Juan Laverde en la identificación de anélidos, Ángela López y Néstor Campos en anfípodos y, en general, crustáceos, y la Dra. Mónica Puyana en moluscos. De igual manera, a los evaluadores y editores de la revista por su dedicación y aportes a este trabajo.

<sup>4</sup>Wetthey D. 2004. Wave forces in the surf zone: Implications for larval settlement. The 6<sup>th</sup> International Larval Biology Conference, p. 26. Hong Kong, China.

## Literatura citada

- Álvarez-León R & J Polanía. 1996.** Los manglares del Caribe colombiano: Síntesis de su conocimiento. Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales 20(78): 447-464.
- Batista VE. 1980.** Estudio de las comunidades que habitan las raíces del mangle rojo *Rhizophora mangle* L. de Punta Galeta, costa atlántica de Panamá. Trabajo de pregrado. Universidad Jorge Tadeo Lozano. Bogotá, 124 pp.
- Bousfield E. 1973.** Shallow-water Gammaridean amphipoda of New England, 313 pp. Cornell University Press. National Museums of Canada, Ontario.
- Bruno JF, JJ Stachowicz & MD Bertness. 2003.** Inclusión of facilitation into ecological theory. Trends in Ecology & Evolution 18: 119-125.
- Buitrago MF & LF Cuartas. 2003.** Caracterización y zonación de las comunidades de manglar en San Andrés Isla, Caribe colombiano. Trabajo de pregrado. Universidad Nacional de Colombia sede Medellín, Medellín, 61 pp.
- CORALINA. 1997.** Boletín de la Red de Monitoreo de las Zonas Costeras. San Andrés Colombia N° 2-6: 8-12.
- CORALINA. 2003.** Plan de manejo del sistema regional de áreas marinas protegidas-Parte I. V Componente Biótico, 63-210 pp. San Andrés Isla, Colombia.
- Cruz-Ábrego FM, P Hernández-Alcántara & V Solís-Weiss. 1994.** Estudio de la fauna de poliquetos (Annelida) moluscos (Gastropoda y Bivalvia) asociada con ambientes de pastos marinos *Thalassia testudinum* y manglares (*Rhizophora mangle*) en la Laguna de Términos, Campeche, México Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología de la Universidad Nacional Autónoma de México 21: 1-13.
- De León-González J. 2001.** Primer taller de taxonomía y evolución de poliquetos (Nereididae) 33 pp. ECOSUR, Quintana Roo.
- Díaz JM & M Puyana. 1994.** Moluscos del Caribe colombiano. Un catálogo ilustrado, 291 pp. COLCIENCIAS / Fundación Natura / INVEMAR, Santa Marta.
- Díaz JM, J Garzón-Ferreira & S Zea. 1995.** Los arrecifes coralinos de la San Andrés Isla, Colombia: Estado actual y perspectivas para su desarrollo. 150 pp. Academia Colombiana de Ciencias Exactas. Físicas y Naturales, Colecciones. Jorge Álvarez Lleras 7, Santafé de Bogotá.
- Díaz JM, G Díaz-Pulido, J Garzon-Ferreira, J Geister, JA Sánchez & S Zea. 1996.** Atlas de los arrecifes coralinos del Caribe colombiano. I. Complejos Arrecifales Oceánicos. 2: 1-83 INVEMAR Serie de Publicación Especial.
- Farnsworth E & A Ellison. 1996.** Scale-dependent spatial and temporal variability in biogeography of mangrove root epibiont communities. Ecological Monographs 66(1): 45-66.
- Fauchald K. 1975.** Clave de poliquetos panameños con la inclusión de una clave para todas las familias del mundo. Boletín Oceanográfico Universidad de Oriente 14(1): 71-94.
- Fauchald K. 1977a.** The Polychaete Worms: Definitions and Keys to the Orders, Families and Genera. Natural History Museum of Los Angeles County. Science Series 28: 1-188.
- Fauchald K. 1977b.** Polychaetes from intertidal areas in Panama, with a review of precious shallow. water records. Smithsonian Contributions to Zoology 221: 1-81.
- Garay J & LA Castro. 1990.** Avances del programa Caripol/ Colombia 1985-1990. Memorias del VII Seminario Nacional de Ciencias y Tecnologías del Mar (Cali), pp. 225-230. Comisión Colombiana de Oceanografía, Bogotá.
- Garay J, D Castillo, J Aguilera, L Niño, M de La Pava, W López & G Márquez. 1988.** Estudio oceanográfico del área insular y oceánica del Caribe colombiano, Archipiélago de San Andrés y Providencia y Cayos Vecinos. Boletín Científico Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas 9: 3-73.
- García-Barriga, EJ Hernández, I Jaramillo, LE Mora, P Pinto & PM Ruiz. 1985.** La Isla de San Andrés: Contribución al conocimiento de su ecología, flora, fauna y pesca, 152 pp. Instituto de Ciencias Naturales. Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional de Colombia. Dirección de Divulgación Cultural, Bogotá.
- García-Hansen I, J Gaviria-Chiquazuque, MC Prada-Triana & R Álvarez-León. 2002.** Producción de hojarasca de los manglares de la Isla de San Andrés, Caribe colombiano. Revista de Biología Tropical 50(1): 273-291.
- González NE. 1998.** Taxonomía de moluscos. Curso dictado en el proyecto ECOSUR Bentos costeros del Caribe Mexicano: Línea de base para estudios a largo plazo, 39 pp. CONACYT, Chetumal.
- Gutu M & J Sieg. 1999.** Ordre des tanaïdacs (Tanaidacea Hansen, 1895). En: Forest J (ed), Traité de Zoologie. Anatomie, Systématique, Biologie. Tome 7, Crustacés, Fascicule 3A, Péracarides. Memoires de l'Institut Oceanographique Monaco 19: 353-389.
- Harper DE. 1971.** Key to the Polychaetus annelids of the northwestern Gulf of México, 90 pp. Moody College of Marine Science, Galveston.
- Hensel P, E Proffitt, P Delgado, G Shigenaka, R Yender, R Hoff & A Mearns. 2002.** Oil spills in mangroves, pp. 56-68. National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) Ocean Service - Office of Response and Restoration, Washington.

- Hernández-Alcántara P & V Solis-Weiss. 1995.** Algunas comunidades macrobénticas asociadas al manglar en laguna de Términos, Golfo de México. *Revista de Biología Tropical* 43: 117-129.
- Inclán RR. 1989.** Ecología de la epibiosis en las raíces inmersas de *Rhizophora mangle* en Bahía de la Ascensión, Quintana Roo, México. *Ciencias Marinas* 15(1): 1-20.
- Jones C, J Lawton & M Shachak. 1997.** Positive and negative effects of organisms as physical ecosystems engineers. *Ecology* 78(7): 1946-1957.
- Lacerda LD, JE Conde, B Kjerfve, R Álvarez-León, C Alarcón & J Polanía. 2001.** American Mangroves. de Lacerda LD (ed), *Mangrove Ecosystem. Function and Management*. pp. 1-62. Springer-Verlag, Berlín.
- Lalana R & M Pérez. 1985.** Estudio cualitativo y cuantitativo de la fauna asociada a *Rhizophora mangle* en la Cayera. *Revista de Investigaciones Marinas de la Habana* 6(2-3): 45-58.
- Leyton LM & FE Delgado. 1992.** Fauna asociada a las raíces de mangle rojo. Plan de monitoreo Golfo de Morrosquillo 3ª fase. Informe Final, 47 pp. Ecopetrol, Bogotá.
- Londoño-Mesa M, J Polanía & I Vélez. 2002.** Polychaetes of the mangrove- fouling community at the Colombian Archipiélago of San Andrés and Old Providence, Western Caribbean. *Wetlands Ecology and Management* 10: 227-232.
- Metcalfe-Smith JL, SK Staton, GL Mackie & NM Lane. 1998.** Changes in the biodiversity of freshwater mussels in the Canadian waters of the lower Great Lakes drainage basin over the past 140 years. *Journal of Great Lakes Research* 24(4): 845-858.
- Moreno P. 2002.** Taxocenosis Anelida-Mollusca-Crustacea asociada a las raíces sumergidas de *Rhizophora mangle* L. en San Andrés Isla, Caribe colombiano. Trabajo de pregrado Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano, Bogotá, 57 pp.
- Nonato E & J Luna. 1970.** Anélidos poliquetas do Nordeste do Brasil, I, Poliquetas bentónicas da costa de allagunas e Sergipe. *Boletim Instituto Oceanográfico São Paulo* 19: 1-144.
- Odum E. 1972.** *Ecología*, 639 pp. Ed. Omega, Barcelona.
- Ortiz M. 1994.** Clave gráfica para la identificación de familias y géneros de anfípodos del suborden Gammaridea del Atlántico occidental tropical. *Anales del Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras Punta Betín* 23: 59-101.
- Reyes R & N Campos. 1992a.** Moluscos, anélidos y crustáceos asociados a las raíces de *Rhizophora mangle* Linnaeus, en la región de Santa Marta, Caribe colombiano. *Caldasia* 17(1): 133-148.
- Reyes R & N Campos. 1992b.** Macroinvertebrados colonizadores de raíces de *Rhizophora mangle* en la Bahía de Chengue, Caribe colombiano. *Anales del Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras Punta Betín* 21: 101-116.
- Rodríguez G. 1980.** Los Crustáceos Decápodos de Venezuela, pp. 377-381. Centro de Ecología, Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas, Caracas.
- Romero-Murillo P. 2004.** Composición taxonómica y proceso sucesional de la fauna asociada a las raíces sumergidas de *Rhizophora mangle* (mangle rojo) de San Andrés isla. Trabajo de pregrado, Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano, Bogotá, 98 pp.
- Rouse G & F Pleijel. 2001.** *Polychaetes*, 354 pp. Oxford University Press, Oxford.
- Salazar-Vallejo SI & LF Carrera-Parra. 1997.** Eunícidos (Polychaeta) del Caribe Mexicano con claves para las especies del Gran Caribe: *Fauchaldius*, *Lysidice*, *Marphysa*, *Nematonereis* y *Palola*. *Revista Biología Tropical* 45(4): 1481-1498.
- Salazar-Vallejo SI & LF Carrera-Parra. 1997.** Taxonomía de poliquetos (Annelida, Polychaeta), 64 pp. CONACYT-ECOSUR, Chetumal.
- Salazar-Vallejo S, J de León-González & H Salaiques-Polanco. 1988.** Poliquetos (Annelida: Polychaeta), 212 pp. Universidad de Baja California Sur. Libros Universitarios, Baja California.
- Sutherland JP. 1980.** Dynamics of the epibenthic community of roots of the mangrove *Rhizophora mangle*, at Bahía de Buche, Venezuela. *Marine Biology* 58: 75-84.
- Victoria C & M Pérez. 1979.** Los taxa Annelida, Mollusca y Crustacea en las raíces sumergidas del mangle rojo de dos áreas costeras del Caribe colombiano. Informe del Museo del Mar, Bogotá. 21: 1-23
- Vilardy S & J Polanía. 2002.** Mollusc fauna of the mangrove-root fouling community at the Colombian Archipelago of San Andrés and Old Providence. *Wetlands Ecology and Management* 10: 273-282.