

DELTA DEL RÍO RANCHERÍA (LA GUAJIRA, COLOMBIA): CAUDAL, SALINIDAD Y TRANSPORTE DE SÓLIDOS Y SU POSIBLE INFLUENCIA SOBRE COMPOSICIÓN Y ESTRUCTURA DE LOS MANGLARES

RANCHERÍA RIVER DELTA (LA GUAJIRA, COLOMBIA): FLOW, SALINITY AND SEDIMENT TRANSPORT, AND ITS POSSIBLE INFLUENCE ON MANGROVE COMPOSITION AND STRUCTURE

Jaime Polanía^{1,2}, Carlos A. Orozco-Toro³, Iván Fernando Ángel⁴

Resumen

Se midieron mensualmente desde diciembre de 1999 hasta agosto de 2001 los niveles intersticiales del agua, salinidad, caudal y sedimentos disueltos, suspendidos y totales en 60 parcelas permanentes de 20 x 20 m (nivel del mar y caudales del río para los años anteriores fueron obtenidos del IDEAM), se realizaron perfiles topográficos de transectos dobles en los brazos Riíto (RT) y Valle de los Cangrejos (VC) del delta del río Ranchería, Caribe colombiano; todo lo cual fue comparado con parámetros estructurales del bosque registrados por Vásquez en el año 2000. La salinidad fue más alta en VC que en RT y se presume que ejerce influencia, junto con los niveles de agua, sobre el área, la composición y la estructura de sus manglares. Es posible que las alcantarillas que descargan aguas servidas en el RT afecten la estructura del bosque. Un caudal intermitente alimenta al VC, que registra velocidad sólo en la estación lluviosa. Los mayores valores de sólidos totales (400,5 mg l⁻¹) y cota hidráulica se registraron en el RT. El caudal promedio encauzado por el Ranchería fue de 6,3 m³ s⁻¹ y el RT de 3,5 m³ s⁻¹. Mientras *A. germinans* responde directamente a la salinidad y mejor a condiciones de aridez, *L. racemosa* lo hace inversamente. Las poblaciones humanas se han ido asentando en el delta a medida que se ha ido secando, pues sus manglares ribereños funcionan como trampa de sedimento, y el flujo del brazo Caimancito ha permitido el desarrollo de especies de agua dulce.

Palabras clave: estructura, caudal, manglar, salinidad, transporte de sólidos.

Abstract

Interstitial water level, salinity, flow, and dissolved suspended and total solids were measured monthly from December 1999 to August 2001, in 60 permanent sampling 20 x 20 m plots (sea level and river flow for past years were taken from IDEAM); topographic profiles of paired transects on the Ranchería river branches Riíto (RT) and Valle de los Cangrejos (VC), Colombian Caribbean, were made. All those variables were compared with structure parameters of the mangrove forest, taken from Vásquez at 2000. Salinity was higher in VC than in RT, and is presumed to exert influence, together with the water level, area, composition and structure of the mangroves. Sewage discharged to RT through box culverts may affect the forest structure. Intermittent water flows into the VC only during the rainy season. Total solids (400.5 mg l⁻¹), as well as hydrological readings, were higher at RT. The average flow of the Ranchería was 6.3 m³ s⁻¹, and RT do channel 3.5 m³ s⁻¹. While *A. germinans* do respond directly to salinity, and better to dry conditions, *L. racemosa* do it inversely. Human populations have been settling on the delta while it has going dry, since its riverine mangroves do function as sediment traps, and the Caimancito branch has allowed the development of fresh water species.

Key words: flow, mangroves, salinity, solid transport, structure.

INTRODUCCIÓN

Existen regiones y comunidades vegetales en las cuales las especies predominantes y su distribución están determinadas, principalmente, por va-

riables hidrológicas. Los manglares son ecosistemas característicos de zonas costeras o ribereñas tropicales, conformados principalmente por especies arbóreas que tienen en común diferentes grados de tolerancia a la salinidad. Este

Recibido: marzo de 2006; aceptado: junio de 2006.

¹ Universidad Nacional de Colombia (sede Medellín). Calle 59 A # 62-00, Autopista Norte. Medellín (Antioquia), Colombia. Correos electrónicos: ² <jhpolaniav@unal.edu.co>; ³ <calotoro@hotmail.com>; ⁴ <ifangel@hotmail.com>.

ecosistema depende del régimen hídrico y de variables como salinidad, temperatura del agua, nivel freático, etc. (Bedient y Wayne, 1992; Coutinho, 1980; Jiménez y Soto, 1985; Lacerda et al., 2001; Lugo y Snedaker, 1974; Schaeffer Novelli et al., 1990).

En el delta del río Ranchería se encuentran bosques de manglar con zonación y parámetros estructurales bastante variables (Vásquez, 2000), donde las condiciones semi-áridas, características de la media Guajira (Colombia), deben jugar un papel importante. Si bien las escalas temporales a las cuales operan los procesos geomorfológicos en manglares se superponen sobre aquellas a las cuales lo hacen los de carácter ecológico (Woodroffe, 1992), dificultando una posible cuantificación de la interrelación, es posible que las variaciones descritas por Vásquez (2000) en la zonación del bosque puedan ser consecuencia de los cambios que ha sufrido el delta en los últimos años y que, en la actualidad, se traducen en marcadas diferencias hidrológicas entre los dos brazos principales de la desembocadura del Ranchería.

El presente trabajo pretende, a través del análisis de información histórica y la medición de algunos procesos hidrológicos, salinidad intersticial, nivel freático, sólidos suspendidos y caudales en los dos brazos del delta del río Ranchería, establecer su posible influencia sobre la estructura y la zonación de sus manglares.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio. El departamento de La Guajira está localizado en el extremo nororiental de Colombia y hace parte de la zona de convergencia intertropical (IGAC, 1988). El promedio anual de temperatura es de 27 °C, aunque se registran valores mínimos de 15 °C durante noviembre y enero, y máximos de 38,5 °C entre junio y agosto. El régimen pluviométrico es bimodal y se pueden diferen-

ciar dos épocas de lluvias, la primera más corta en los meses abril y mayo y una más prolongada de septiembre a noviembre (IGAC, 1988). Los vientos alisios del Noreste-Este determinan el clima en la costa peninsular y dan origen a la corriente del Caribe (Sánchez-Páez et al., 1997). La humedad relativa promedio es de 73% y la evaporación media de 2.293 mm a⁻¹.

El río Ranchería es uno de las más importantes del departamento de La Guajira, nace en la laguna de Chirigua a 3.700 m de altura y desemboca directamente al mar en Riohacha —capital del departamento. La llanura aluvial de la cuenca hidrográfica está conformada por depósitos gruesos, donde es posible encontrar diferentes tipos de sedimentos —desde limos hasta arenas gruesas— del periodo Terciario (~65-2 millones de años). Los suelos son poco evolucionados, secos, generalmente salino-sódicos, con acumulación de carbonato de calcio.

El presente estudio se desarrolló en la desembocadura del río Ranchería (11° 32' N, 72° 54' O), donde se observa una serie de lagunas bordeadas por manglares particularmente en dos de los brazos del delta (figura 1). El brazo principal, denominado Riíto (**RT**) (figura 2), está localizado al noroeste de Riohacha; allí la franja de manglar está limitada al norte por el Mar Caribe, al noreste por el barrio Nuestra Señora de Fátima y al sur por la Laguna Salada (Sánchez-Páez et al., 1997). En este cuerpo de agua desembocan 13 alcantarillas que drenan las calles de la ciudad en invierno y permanecen secas la mayor parte del año. Asimismo, existe una comunicación con un cuerpo de agua pequeño que recoge las aguas residuales de la ciudad manteniéndose activo durante todo el año (Laguna Salada). El brazo Calancala, denominado Valle de los Cangrejos (**VC**) (figura 3), se encuentra aproximadamente 2 km al noreste de Riíto; limita al norte con el Mar Caribe y al sur con el resguardo indígena El Pasito (Sánchez-Páez et al., 1997).

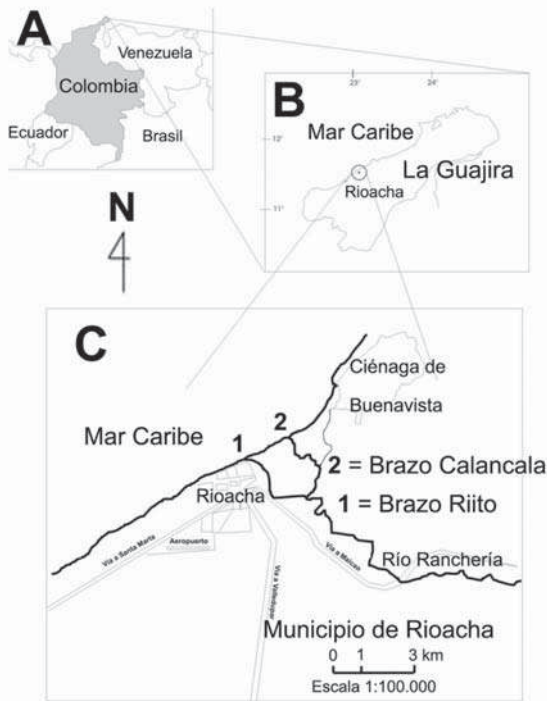


Figura 1. Ubicación del municipio de Riochacha con los brazos principales Riíto y Calancala del delta del río Ranchería (C) en la península de La Guajira (B), Caribe colombiano (Colombia, A)



Figura 2. Ubicación de los transectos y los 'box culverts' en el brazo Riíto (RT), desembocadura principal río Ranchería

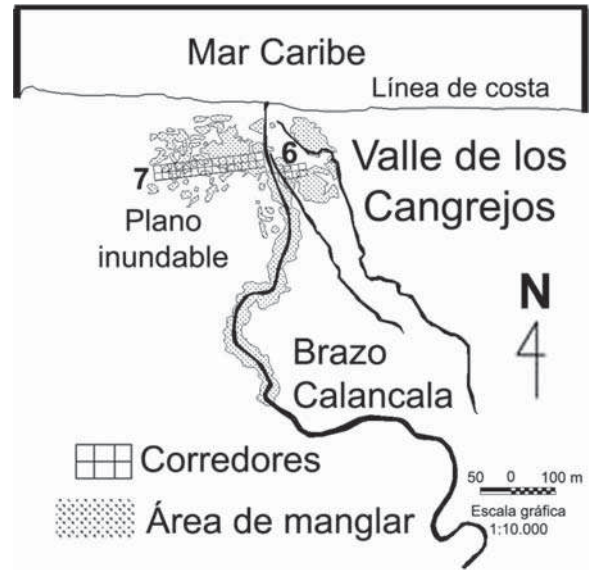


Figura 3. Ubicación de los transectos en el Valle de los Cangrejos (VC), brazo Calancala, delta del río Ranchería

En el área boscosa del delta se pueden encontrar tres especies de mangle: *Avicennia germinans*, *Laguncularia racemosa* y *Rhizophora mangle*, cuya estructura es descrita detalladamente por Vásquez (2000). Además, se pueden encontrar otras especies de plantas como *Batis maritima*, *Sesuvium portulacastrum*, y otras propias del bosque espinoso tropical así como *Libidibia coriaria* (dividivi) y *Prosopis juliflora* (trupillo).

Metodología. Para abarcar los gradientes de variación de los parámetros intersticiales a) a lo largo del río y, b) hacia el interior del manglar en las principales formaciones de manglar de los brazos RT y VC se establecieron siete transectos de banda, tomando como referencia el nivel medio de la línea de marea (figuras 2 y 3); cada uno se ubicó, por razones topográficas, en ángulo de 70° con respecto al norte y se georreferenció con GPS. Posteriormente se delimitaron aleatoriamente 30 pares de parcelas de 20 x 20 m, sobre las cuales se fijaron tres puntos equidistantes al margen del río, repitiendo el procedimiento cada 20 m hasta el final del transecto. La estructura del manglar fue estimada por Vásquez (2000) (tabla 1).

Tabla 1. Índice de Valor de Importancia (IVI) para las especies de manglar del delta del río Ranchería (**Dom** = Dominancia; **Abu** = Abundancia; **Fre** = Frecuencia; **Sp** = especie; **Ag** = *A. germinans*; **Lr** = *L. racemosa*; **Rm** = *R. mangle*; **Ce** = *Conocarpus erecta*; **Pj** = *Prosopis juliflora*; **Co** = *Capparis odoratissima*; **Rb** = *Rhabdadenia biflora* (modificado de Vásquez, 2000)

Sp	Brazo Riíto (RT)				Valle de los Cangrejos (VC)				Promedio para el delta			
	Dom	Abu	Fre	IVI	Dom	Abu	Fre	IVI	Dom	Abu	Fre	IVI
<i>Ag</i>	35,7	41,9	26,2	103,8	67,7	39,2	57,1	164,1	46,5	40,4	38,6	125,4
<i>Lr</i>	51,7	47,0	33,3	131,9	25,6	57,5	25,0	108,1	42,9	52,9	30,0	125,8
<i>Rm</i>	7,7	4,6	16,7	29,0	6,7	3,1	14,3	24,1	7,4	3,8	15,7	26,8
<i>Ce</i>	3,9	2,9	9,5	16,4	0,0	0,2	3,6	3,8	2,6	1,4	7,1	11,1
<i>Rb</i>	0,0	0,5	7,1	7,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	4,3	4,5
<i>Pj</i>	0,6	0,9	4,8	6,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,4	2,9	3,6
<i>Co</i>	0,4	2,2	2,4	5,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	1,0	1,4	2,7

En cada punto, a partir de diciembre de 1999 y hasta agosto de 2001 (dic/99-ago/01), exceptuando octubre y noviembre de 2000 (oct/00 y nov/00), cuando el nivel del agua físicamente imposibilitó mediciones confiables; se perforó un orificio de 1,5 m de profundidad, con ayuda de un barreno, y se midió mensualmente el nivel freático con ayuda de una regla metrada, tomando como referencia al nivel del mar (la diferencia histórica para la región es en promedio de 30 cm entre mareas). De igual manera, se extrajo el agua de cada orificio y, al final de cada jornada, se estimó la salinidad intersticial empleando un refractómetro de campo (± 1 ups). Los datos de cada tripleta de orificios se promediaron para obtener un solo valor de salinidad.

Se analizaron fotografías aéreas con un estereoscopio de espejos convencional para evaluar los cambios ocurridos en el delta (durante los años 1981, 1987, 1993 y 1997), identificar los cauces sobre los cuales se midieron los caudales y establecer las parcelas en los bosques de manglar delimitados. Junto con reconocimientos en campo, los análisis permitieron identificar los cauces principales y la vegetación predominante, especialmente de manglar.

El caudal y la carga de sedimentos se registró en cuatro sitios de aforo: "Río Ranchería", (11°

30' 38" N, 72° 51' 24" O), "Riíto" (11° 32' 22" N, 72° 52' 29" O), "Caimancito" (11° 32' 38" N, 72° 53' 04" O) y en el brazo Santa Rita, que desemboca en la Ciénaga de Buenavista (11° 33' 01,4" N, 72° 51' 35" O) (figuras 1-3).

Mensualmente, entre febrero y julio de 1999, se midió el área transversal de la sección y se estimó la velocidad de la corriente con ayuda de un flotador (Universidad de la Habana, 1975). Para agosto y septiembre estas mediciones se llevaron a cabo con un flujómetro de rotor estándar. Una prueba en campo posterior demostró que no existían diferencias significativas entre ambos métodos. Los valores de sólidos disueltos y en suspensión se obtuvieron por gravimetría (EPA, 1976).

Análisis estadístico. Se aplicó estadística descriptiva para obtener los valores máximos, mínimos, promedios y estándar, así como la varianza para el nivel freático, la salinidad y el caudal; se realizaron histogramas de frecuencia y se determinó que los datos no se ajustaban al patrón de comportamiento normal. La prueba de Levene (Zar, 1996; con nivel de significancia $< 0,05$) determinó que las varianzas no eran homogéneas. Aunque se intentó ajustar los datos mediante

transformaciones logarítmicas, no se pudieron validar los supuestos de un análisis estadístico paramétrico y, por lo tanto, se realizó la prueba de Kruskal-Wallis (Zar, 1996; equivalente al análisis de varianza de una vía) para evaluar las posibles diferencias de salinidad y caudal entre los transectos.

RESULTADOS

Salinidad. La salinidad en el Riíto presentó un claro gradiente (figura 4), en el cual los niveles intersticiales aumentan progresivamente en los corredores más alejados de la línea de costa, alcanzando un valor máximo de 66,7 en el mes de agosto de 2000 (ago/00) en el transecto I, seguido por el II.

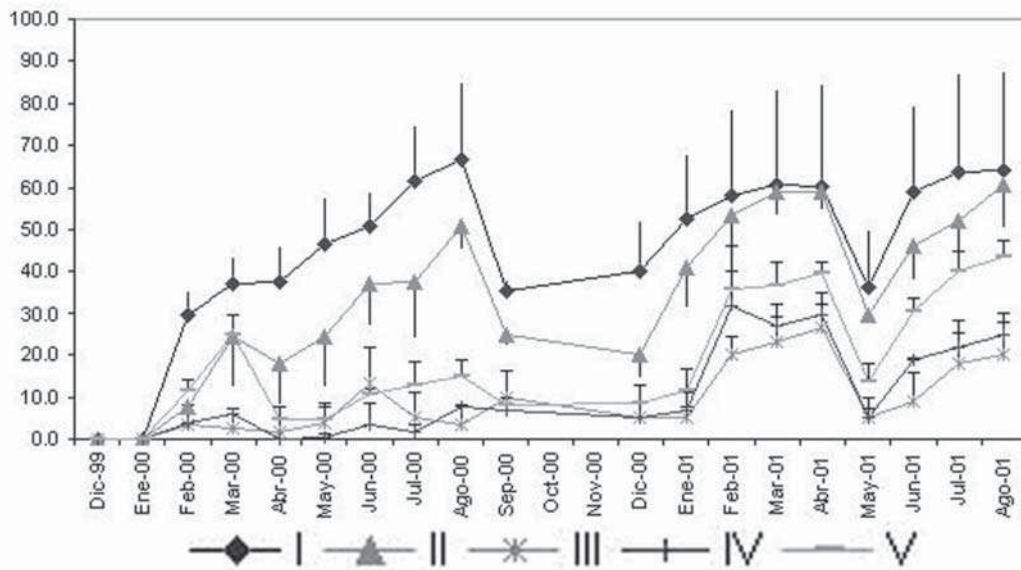


Figura 4. Salinidad intersticial en los transectos del Riíto (RT) en el periodo de diciembre de 1999 (Dic/99) a agosto de 2001 (Ago/01). No hay datos para octubre y noviembre de 2000 (Oct/00 y Nov/00). Las barras representan la desviación estándar

En general se observó un comportamiento homogéneo de todos los transectos, que coincide con las precipitaciones registradas durante esos años, donde la estación de lluvias intensas muestra salinidad 0 y la de lluvias cortas (abril) nunca baja de 20.

La alta desviación estándar en el transecto I refleja la heterogeneidad entre las filas de parcelas, que expresa un gradiente salino desde el borde del brazo hacia el interior. Los transectos III, IV y V presentaron desviaciones estándar menores. En los transectos I-VI el coeficiente de correlación

fue positivo para *A. germinans* (0,9) y negativo para *L. racemosa* (-0,9).

En los transectos VI y VII del VC fue notorio el aumento de la salinidad en los primeros meses del 2001 con respecto al mismo periodo del 2000 (figura 5). El comportamiento en el periodo de estudio entre los dos transectos fue similar. Sin embargo, en el transecto VI, la desviación estándar fue mayor, especialmente en el 2001, indicando mayor heterogeneidad entre sus parcelas con respecto al transecto VII. El pico en este sector (63,9) se presentó en agosto de 2001 (ago/01).

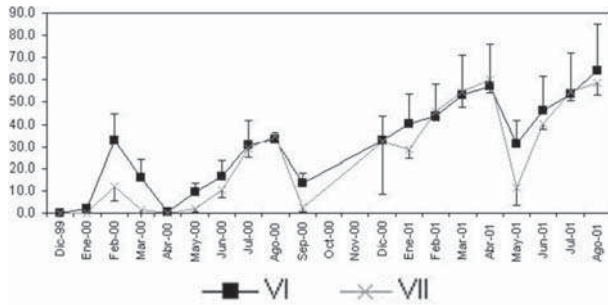


Figura 5. Salinidad intersticial en los transectos del Valle de los Cangrejos (CV) en el periodo de diciembre de 1999 (Dic/99) a agosto de 2001 (Ago/01). No hay datos para octubre ni noviembre de 2000 (Oct/00 y Nov/00). Las barras representan la desviación estándar

Nivel freático. El nivel freático de RT y VC tuvo un comportamiento similar a la salinidad (figuras 6 y 7). Los corredores más alejados (I y II) tuvieron valores inferiores durante casi todo el periodo de muestreo, a excepción de la estación seca del 2001, cuando el nivel freático en los corredores más cercanos a la línea de costa disminuyó alrededor de un metro. La desviación estándar baja muestra que al interior de cada corredor la diferencia es mínima.

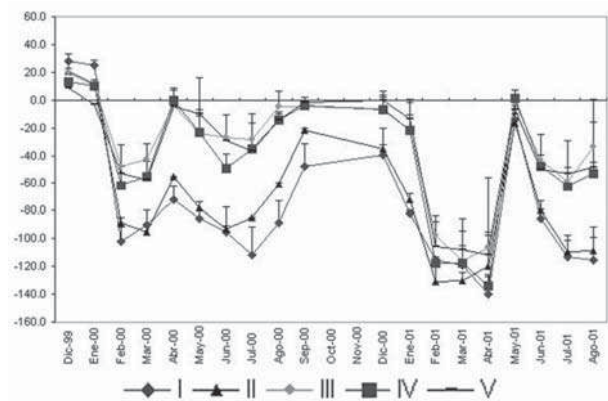


Figura 6. Nivel freático en los cinco transectos del Riito (RT) en el periodo de diciembre de 1999 (Dic/99) a agosto de 2001 (Ago/01). No hay datos para octubre ni noviembre de 2000 (Oct/00 y Nov/00). Las barras representan la desviación estándar

El nivel freático en los transectos I y II de RT fue el menor durante el estudio. Los niveles más bajos se apreciaron en los meses secos (febrero y marzo)

de 2000 y 2001 con respecto a la transición 1999-2000. Los niveles fueron más bajos en aquellos transectos más alejados de la línea de costa.

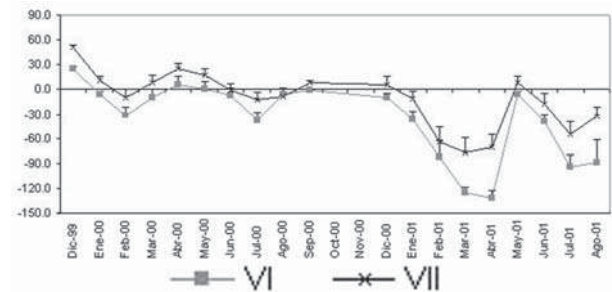


Figura 7. Nivel freático en los dos transectos del Valle de los Cangrejos (VC) en el periodo de diciembre de 1999 (Dic/99) a agosto de 2001 (Ago/01). No hay datos para octubre ni noviembre de 2000 (Oct/00 y Nov/00). Las barras representan la desviación estándar

Entre septiembre y noviembre de 1999 (sep-nov/99) se incrementaron las lluvias (306,8 mm en promedio), luego descendieron hasta junio (jun/00), cuando se presentó un pico de 32,3 mm, y se mantuvieron casi constantes hasta enero de 2001 (ene/01), cuando descendieron a 2,0 mm. En mayo del 2001 (may/01) se presentaron mayores precipitaciones (7,4 mm en promedio), aunque ese año fue más seco que el anterior.

La mayor parte del VC permaneció inundado durante el año 2000 a consecuencia de las fuertes precipitaciones; sólo en febrero, julio y agosto de ese año el nivel del agua fue negativo. Por el contrario, desde enero de 2001 (ene/01), VC se secó hasta un nivel mínimo de -132 cm (transecto VI, abr/01; figura 7). El contraste entre los dos años fue más marcado en VC que en RT.

Análisis estadístico. El análisis de varianza mostró una diferencia significativa cuando el nivel del agua fue alto entre filas en los transectos I (F = 5,0) y V (F = 6,5), y bajo en III (F = 21,1), V (F = 25,1) y VII (F = 6,5). Con base en los períodos de más alta salinidad y la aplicación de un diseño de parcelas divididas, se encontraron diferencias significativas entre los transecto I (F = 7,6), III (F =

16,6) y **IV** ($F = 12,3$), las cuales permiten reconocer un gradiente de salinidad.

Caudales. Los caudales del río Ranchería están directamente relacionados con el comportamiento de la precipitación. El río Ranchería presenta un caudal medio de $8,7 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ por año, máximo de $30,0 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ y mínimo de $2,9 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ (promedio multianual de $6,0 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$). En marzo, abril, julio y agosto del año 2001 (mar/01, abr/01, jul/01 y ago/01) la falta de lluvia hizo que cesara por completo el caudal. En septiembre de 2000 (sep/00) el Ranchería había registrado un caudal máximo de $15,6 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$,

con cerca del 45% fluyendo por RT ($8,6 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$), seguido del brazo Buenavista ($5,1 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$; tabla 2), que desemboca en la ciénaga homónima (figura 1). Notables diferencias destacan en el sitio de aforo, probablemente debido a los fenómenos climáticos del año 2000, cuando las lluvias se prolongaron hasta finales de enero. La población de un barrio aledaño al área de estudio (Villa Fátima), era muy baja a finales de los ochenta, pues el Riíto ocupaba el área, pero a la fecha sus inmediaciones están cubiertas por grandes costras salinas y predomina *B. maritima*. Es evidente que el terreno se desecó, salinizó y ahora está habitado aproximadamente en un 50%.

Tabla 2. Caudales ($\text{m}^3 \text{ s}^{-1}$) y sólidos totales (mg l^{-1}) en cada uno de los brazos aforados del delta del río Ranchería de febrero de 2000 a agosto de 2001

Mes	caudales (m^3s^{-1})				sólidos totales (mg l^{-1})			
	Ranchería	Riíto	Buenavista	Caimancito	Ranchería	Riíto	Buenavista	Caimancito
Feb-00	11,13	5,61	4,13	1,27	-	-	-	-
Mar-00	10,30	6,16	3,10	0,88	470,3	461,5	468,0	470,00
Abr-00	4,95	1,75	2,18	0,73	382,5	380,3	376,1	373,60
May-00	7,52	3,89	2,93	0,00	414,0	422,5	403,6	0,00
Jun-00	3,28	2,46	0,77	0,00	387,2	363,0	360,5	0,00
Jul-00	3,31	2,61	0,69	0,00	398,8	335,0	327,7	0,00
Ago-00	3,51	2,14	1,35	0,00	362,5	337,5	688,3	0,00
Sep-00	15,60	8,58	5,08	1,88	652,5	755,0	711,5	690,00
Dic-01	6,72	3,10	2,66	0,00	-	-	-	-
Ene-01	2,10	0,00	1,83	0,00	-	-	-	-
Feb-01	0,14	0,00	0,00	0,00	-	-	-	-
Mar-01	0,00	0,00	0,00	0,00	-	-	-	-
Abr-01	0,00	0,00	0,00	0,00	-	-	-	-
May-01	8,50	8,36	5,03	1,74	-	-	-	-
Jun-01	1,53	0,00	0,93	0,00	-	-	-	-
Jul-01	0,00	0,00	0,00	0,00	-	-	-	-
Ago-01	0,00	0,00	0,00	0,00	-	-	-	-

El caudal del nuevo brazo Caimancito (condición verificada por fotointerpretación) fue irregular, aunque no se secó por completo su velocidad disminuyó al mínimo, con valores de 0 durante la mitad del muestreo. Ello ha permitido el desarrollo de bejucos y otras especies de las familias Poaceae y Cyperaceae, típicas de agua dulce. La cota del bra-

zo Riíto fue un poco más elevada, seguida por Caimancito y Buenavista. Desde la zona de bifurcación de los brazos hasta la desembocadura, el Riíto presentó una profundidad de hasta 10,5 m en cercanías a la boca y fue mucho menos profundo (1,2 m) conforme aumentó la distancia al punto de bifurcación.

El aporte de sólidos totales fue muy similar para todos los puntos de aforo, excepto en el pico máximo de sequía, cuando se detuvo el flujo en el Caimancito y, por lo tanto, no lo hubo. El mayor aporte se presentó en septiembre de 2000 (sep/00, 755 mg l⁻¹) en RT y el menor en julio de 2000 (jul/00, 327,7 mg l⁻¹) en el brazo Buenavista.

DISCUSIÓN

El análisis histórico de las fotografías aéreas revela el inicio de asentamientos poblacionales alrededor del nuevo brazo y, en su área de inundación, la generación de vegetación de zonas húmedas. Desde que apareció el nuevo brazo Caimancito y su zona de amortiguamiento hidráulico, bejucos y otras especies de las familias Poaceae y Cyperaceae comenzaron a aparecer. Por su parte el manglar, principalmente *A. germinans*, comenzó a aumentar su cobertura lentamente. El lavado de suelos por el brazo Caimancito redujo, presumiblemente, la salinidad del terreno y generó condiciones favorables para la aparición de la nueva vegetación.

Los sedimentos transportados generan, en mayor o menor proporción, los procesos de colmatación que tienden a aumentar en zonas áridas y en condiciones geológicas extremas (Linsley et al., 1992). La carga de sedimentos del Ranchería hace suponer que la corriente es importante en los procesos de cambios de curso en el delta. La topografía genera diferencias en la altura de los brazos, que afectan la velocidad de las corrientes en cada uno, las tasas de sedimentación y los patrones de inundación. La velocidad del brazo Buenavista puede estar influenciada por el desnivel topográfico de esta corriente en relación con la del Riíto; además, la marea reduce la velocidad de las corrientes que, generalmente, presentan profundidades considerables (R. Montiel, com. pers.). En el Riíto el efecto sobre el Buenavista es menor, debido al amortiguamiento de la laguna sobre la marea. El Caimancito alcanza a irrigar una zona amplia, donde la marea no manifiesta gradiente.

Con relación a los procesos dinámicos en los ecosistemas de manglar, existe una relación importante entre el grado de ocupación humana, la topografía y las condiciones hidrológicas (Kazzman, 1975), así como la hay entre la microtopografía y los procesos hidrográficos (Kjerfve et al., 1999). Los cambios hidrológicos pueden desmejorar la calidad de vida de los habitantes de la zona costera, y algunas comunidades de Ghana vivieron trastornos por razones análogas (Rubin et al., 1998).

La literatura documenta el efecto de la salinidad sobre el crecimiento y desarrollo de las especies de mangle y sus procesos de distribución y/o zonación (FAO, 1994; Jiménez, 1992, 1994; Morales de la Cruz y Polanía, 2005). No obstante, Woodroffe (1992) señala claramente cómo las escalas temporales a las cuales operan los procesos geomorfológicos se superponen sobre aquellas a las cuales lo hacen los de carácter ecológico.

Los registros en RT muestran salinidades más altas en sitios más elevados y alejados de la costa (cercanas a 60 en la época seca y al comenzar las primeras lluvias) que descienden a < 10 en época de lluvias y cerca de los cursos de agua.

En los transectos **I** y **III** la zonación corresponde con la descrita por Cintrón et al. (1978): *A. germinans* es la especie más importante, seguida por *L. racemosa* (Vásquez, 2000). Esta última crece en diferentes tipos de sustratos, sin una clara preferencia de salinidad; se halla generalmente en bosques mixtos con *R. mangle* o *A. germinans*, tal como han descrito Morales de la Cruz y Polanía (2005). En los transectos **I** y **II** (con valores de salinidad > 60), aparece *A. germinans*, que puede desarrollarse en climas áridos y terrenos salinos con alta tasa de renovación (Hogarth, 1999); en el área de estudio produjo gran cantidad de propágulos.

Las descargas de la laguna Salada sobre los transectos **III**, **IV** y **V** mantienen bajas salinidades intersticiales (< 20). En los transectos **III** y **IV** predominaron *L. racemosa* y *R. mangle*. Esta última

especie se desarrolla mejor en zonas ribereñas, con aportes permanentes de agua dulce (Jiménez, 1994; Morales de la Cruz y Polanía, 2005). Las bajas salinidades pueden eliminar la competencia de plantas glicófitas, mientras los sustratos fangosos inestables con abundante materia orgánica permiten el establecimiento y desarrollo de los propágulos de mangle rojo (Pinto-Nolla y Naranjo, 1993). En el transecto **I**, con la salinidad más alta en época seca y una desviación estándar amplia entre parcelas, *A. germinans* aparece hacia la parte interna y *R. mangle* en una franja ribereña delgada, en zonación que parece favorecida por el gradiente de salinidad.

La respuesta directa de *A. germinans* e inversa de *L. racemosa* a la salinidad en los transectos **I-VI** parece confirmar su influencia sobre la distribución de especies en RT. A partir de la correlación para la distribución de *R. mangle* no se puede asumir que la salinidad sea única responsable pero, como las estaciones climáticas son pronunciadas, tampoco es posible descartar las condiciones físico-químicas del sustrato ni el régimen hídrico.

En RT los árboles achaparrados de *A. germinans* aparecieron en sitios muy áridos, que se inundaron sólo con lluvias fuertes y presentaron costras salinas durante la época seca. Los árboles del VC son más achaparrados y sus promedios de área basal son bajos (Vásquez, 2000). No es posible asegurar que ello ocurra por el estrés salino, pero sí por las bajas concentraciones de ortofosfatos y nitratos en el suelo (Martínez-Ramos y Ruiz-Ochoa, 2001).

En los transectos **III, IV y V**, *A. germinans* no fue importante, probablemente por las aguas que las alcantarillas descargan sobre el manglar, que favorecen la humedad del suelo y disminuyen la salinidad. Las áreas basales en los árboles de estos transectos (Vásquez, 2000) fueron mayores que en los otros (K. Díaz, com. pers.). Las inundaciones ocasionales en el VC pueden influir el proceso de regeneración, promoviendo los propágulos de *A. germinans* (K. Díaz, com. pers.), probablemente la principal

colonizadora por dispersión y sobrevivencia (Lema et al., 2003; K. Díaz, com. pers.).

CONCLUSIONES

La salinidad es importante para la zonación del bosque de manglar a lo largo del Riíto. Mientras *A. germinans* responde en proporción directa a la salinidad, *L. racemosa* varía de manera inversa. En contraste, los árboles achaparrados del Valle de los Cangrejos y sus bajos promedios de área basal parecen responder a deficiencias en nutrimentos antes que a la alta salinidad.

Las diferencias de caudal entre brazos del delta son significativas, aunque en todo el Ranchería se aprecia una cierta tendencia a disminuir. Ya no se aprecian grandes inundaciones como en el pasado, pero todo el delta sigue siendo la zona de amortiguamiento hidráulico de uno de los cuerpos de agua más importantes del departamento de La Guajira. La mayor variabilidad a lo largo del Riíto y dentro de su manglar y las diferencias entre las dos épocas con respecto al Valle de los Cangrejos podrían explicar la dominancia de *A. germinans* en aquel y de *R. mangle* y *L. racemosa* en éste. Las inundaciones estacionales pueden promover la regeneración, especialmente de *A. germinans*, la principal colonizadora bajo tales condiciones de aridez. Estos fenómenos podrían originar, además, cambios hidrográficos y eventos hidrológicos importantes para las poblaciones humanas que se han ido asentando a medida que el lugar se ha desecado.

La novedad del Caimancito y el desarrollo de plantas glicófitas permiten considerar que los manglares ribereños del Riíto se comportan como trampa de sedimentos. En el Valle de los Cangrejos, los bosques de barra y cuenca hacen lo propio con sedimentos de origen marino. Por lo tanto este bosque podría ser fundamental para la conservación y mantenimiento de las playas, función que, debido a la alta dinámica costera, debería ser estudiada en detalle en el futuro.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al IDEAM por suministrar los registros históricos de caudales de la estación El Cercado, a los ingenieros Eliumat Maza (Corpo-guajira) y Jorge Vásquez por suministrar información de campo, así como al personal vinculado al

Centro de Investigaciones Científicas, Universidad de la Guajira (Colombia). Este trabajo se realizó en el marco del proyecto cofinanciado por Colciencias “Estructura, fenología y demografía del manglar del Riito y el Valle de los Cangrejos, delta del río Ranchería”, código 1145-09-648-98.

REFERENCIAS

- Bedient P, Wayne C.** 1992. *Hidrology and floodplain analysis. Include 1. Hidrology*. 2nd Ed. Publishing Company Addison-Wesley. New York (NY), U. S. A.
- Cintrón G, Lugo AE, Pool DJ, Morris G.** 1978. Mangrove of arid environments in Puerto Rico and adjacent islands. *Biotropica*, 10(2):110-121.
- Coutinho PN.** 1980. Los manglares de la planicie costera de Recife. Pp.160-169. En: Anónimo. *Memorias del seminario sobre el estudio científico e impacto humano en el ecosistema de manglares. Cali, Colombia, 1978. Memorias del Montevideo*. UNESCO/ROSTLAC. Montevideo, Uruguay.
- EPA** (Environmental Protection Agency U. S. A.). 1976. *Manual of methods for chemical analysis of water and wastes. Environmental monitoring and support laboratory*. Environmental Research Center. Cincinnati (OH), U. S. A.
- FAO** (Food and Agriculture Organization). 1994. *Directrices para la ordenación de los manglares*. Estudio FAO: Montes No. 117. Chile.
- IGAC** (Instituto Geográfico Agustín Codazzi). 1988. *Suelos y bosques de Colombia*. Subdirección Agrológica, IGAC. Bogotá, Colombia.
- Jiménez J.** 1992. Mangrove forests of the pacific coast of Central America. Pp. 259-267. En: Seeliger U (ed.). *Coastal plant communities of Latin America*. Academic Press. San Diego (CA), U. S. A.
- Jiménez J.** 1994. *Los manglares del Pacífico centroamericano*. EFUNA. Heredia, Costa Rica.
- Kjerfve B, Lacerda LD, Rezende CE, Coelho AR.** 1999. *Hydrological and hydrogeochemical variations in mangrove ecosystems*. Pp. 71-82. En: Yáñez-Arancibia A, Lara-Domínguez AL (eds.). *Ecosistemas de manglar en América Tropical*. Instituto de Ecología, A.C. (México)/UICN/ORMA (Costa Rica), NOAA/NMFS. Silver Spring (MD), U. S. A.
- Lacerda LD, Conde JE, Kjerfve B, Álvarez-León R, Alarcón C, Polanía J.** 2001. American mangroves. Pp. 1-62. En: Lacerda LD (ed.). *Mangrove ecosystem. Function and management*. Springer-Verlag. New York (NY), U. S. A.
- Lema L, Polanía J, Urrego LE.** 2003. Dispersión y establecimiento de las especies de mangle del río Ranchería en el periodo de máxima fructificación. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 27(102):94-104.
- Linsley R, Kohler M, Paulus J.** 1992. *Hidrología para ingenieros*. 2^{da} Ed. Editorial McGraw-Hill. Bogotá, Colombia.
- Lugo A, Snedaker S.** 1974. The ecology of mangroves. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 5:39-63.
- Martínez-Ramos M, Ruiz-Ochoa L.** 2001. Caracterización de algunas propiedades físicas y químicas del suelo manglárlico en el Valle de los Cangrejos, Riohacha. Trabajo de pregrado. Universidad de la Guajira. Riohacha (La Guajira), Colombia.
- Morales de la Cruz M, Polanía J.** 2005. *Factors that determine population and distribution of mangrove ecosystem in the Pacific coast of Guatemala*. European Geosciences Union General Assembly 2005. HS-40 EGU05-A-02087. Viena, Austria.
- Pinto-Nolla F, Naranjo G.** 1993. Influencia de la salinidad y el pH en la morfometría y ecología del mangle salado *Avicennia germinans* (L.) L. en diferentes sectores del litoral caribe colombiano. Trabajo de pregrado. Universidad Jorge Tadeo Lozano. Santafé de Bogotá, Colombia.

- Rubin JA, Gordon C, Amatekpor JK.** 1998. Causes and consequences of mangrove deforestation in the Volta Estuary, Ghana: Some recommendations for ecosystem rehabilitation. *Marine Pollution Bulletin*, 37:441-449.
- Sánchez-Páez H, Álvarez-León R, Pinto-Nolla F, Sánchez-Alfárez AS, Pinto-Rengifo JC, García-Hansen I, Acosta-Peñaloza MT.** 1997. *Diagnóstico y zonificación preliminar de los manglares del Caribe de Colombia*. Ministerio de Medio Ambiente/OIMT. Santa Fe de Bogotá, Colombia.
- Schaeffer-Novelli Y, Cintrón G.** 1986. *Guía para el estudio de áreas de manguezal. Estructura, función e flora*. Caribbean Ecological Research. São Paulo, Brasil.
- Universidad de la Habana.** 1975. *Engineering hidrology*. 2ª Ed. Tomado de la edición checoslovaca, 1972.
- Vásquez JL.** 2000. Estudio y análisis estructural de dos bosques de mangle en el Valle de los Cangrejos y el Riíto, departamento de La Guajira. Trabajo de pregrado. Universidad Nacional de Colombia (Sede Medellín). Medellín (Antioquia), Colombia.
- Woodroffe C.** 1992. Mangrove sediments and geomorphology. Pp. 7-41. *En: Robertson AI, Alongi DM (eds.). Tropical mangrove ecosystems*. Coastal and estuarine studies 41, American Geophysical Union. Washington, D. C., U. S. A.
- Zar JH.** 1996. *Biostatistical analysis*. 3rd. Ed. Prentice-Hall. Upper Saddle River (NJ), U. S. A.

