

DESCOMPOSICIÓN ACUÁTICA DE LA HOJARASCA FOLIAR EN TRES ESPECIES DE MANGLE EN LA DESEMBOCURA DEL RÍO RANCHERÍA (BRAZO RIÍTO) Y SU RELACIÓN CON LOS MACROINVERTEBRADOS EN EL MUNICIPIO DE RIOHACHA, DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA

AQUATIC DECOMPOSITION OF THE LEAF LITTER ON THREE SPECIES OF MANGLE AT THE MOUTH OF THE RANCHERIA RIVER (BRAZO RIÍTO) AND ITS RELATIONSHIP WITH THE MACROINVERTEBRATES IN THE MUNICIPALITY OF RIOHACHA, DEPARTMENT OF LA GUAJIRA

Luis Alexander Hernández Escobar¹, Cristian Granados-Martínez², Juan M. Fuentes-Reinés³

1 Universidad de La Guajira, Grupo de investigación EBET, Colombia. ORCID <https://orcid.org/0000-0003-2339-181X>
lalexanderhernandez@uniguajira.edu.co

2 Universidad de la Guajira, Grupo de investigación EBET, Colombia. ORCID <https://orcid.org/0000-0003-0161-9537>.
cegranados@uniguajira.edu.co

3 Universidad del Magdalena, Grupo de investigación en Biodiversidad y Ecología Aplicada. Santa Marta, Colombia. AA 731 ORCID.
<https://orcid.org/0000-0001-5809-4271>

Recibido: Marzo 10 de 2022 Aceptado: Junio 08 de 2022

RESUMEN

Se evaluaron las tasas de descomposición de hojarasca la hojarasca de tres especies de mangle, *Rhizophora mangle*, *Avicennia germinans*, y *Laguncularia racemosa* sometidas a dos tratamientos en un sector del delta del río Ranchería. Adicionalmente, se determinó la composición de macroinvertebrados asociados a esta dinámica. Diferencias significativas en las tasas de descomposición de la hojarasca foliar fueron observadas entre las especies ($p < 0,05$). *A. germinans* registró la mayor tasas de descomposición, seguida de *R. mangle* y *L. racemosa*. Cuando se comparó estadísticamente los valores de k (g/día) entre los tratamientos de malla, se encontraron diferencias significativas ($P < 0,05$), de lo cual se observa que las velocidades de descomposición son más rápidas en las mallas de ojo grande (MG). En total se encontraron 76 individuos de macroinvertebrados, *Nerita sp* fue el de mayor abundancia relativa con el 41%, seguido de *Crassostrea sp*, con el 21%. La poca abundancia de los macroinvertebrados asociados a las bolsas de descomposición no mostró un efecto claro de estos organismos en la descomposición. Las velocidades de descomposición en el delta del río Ranchería fueron altas, permitiendo que los procesos de exportación a ecosistemas vecinos y sedimentación se den de manera rápida.

Palabras clave: velocidad de descomposición, necromasa remanente, hojarasca foliar, análisis de correspondencia

ABSTRACT

The leaf litter decomposition rates of three species of mangrove, *Rhizophora mangle*, *Avicennia germinans*, and *Laguncularia racemosa*, subjected to two treatments in a sector of the Ranchería river delta, were evaluated. Additionally, the composition of macroinvertebrates associated with these dynamics was determined. Significant differences in leaf litter decomposition rates were observed between species ($p < 0.05$). *A. germinans* recorded the highest decomposition rates, followed by *R. mangle* and *L. racemosa*. When k values (g/day) were statistically compared among the mesh treatments, significant differences were found ($P < 0.05$), from which it is observed that decomposition rates are faster in the big eye (MG) meshes. A total of 76 individuals of macroinvertebrates were found, *Nerita sp* was the most abundant with 41%, followed by *Crassostrea sp*, with 21%. The low abundance of macroinvertebrates associated with the decomposition bags did not show a clear effect of these organisms on decomposition. The decomposition velocities in the Rancheria river delta were high, allowing the processes of export to neighboring ecosystems and sedimentation to occur rapidly.

Keywords: decomposition rate, remaining necromass, leaf litter, correspondence analysis

INTRODUCCIÓN

Los manglares son asociaciones de especies que por su tolerancia a la salinidad y a los sustratos inestables, compiten exitosamente y se establecen en zonas costeras y ribereñas con influencia mareal. Por su relación con corrientes de agua de diferente origen, los manglares pueden exportar material orgánico a ecosistemas adyacentes o acumularlo como sedimento (Gattuso et al., 1998). “La hojarasca es la principal fuente de materia orgánica que ingresa a los ríos, aportando la mayor parte de energía para estos ecosistemas” (Hoffman, 2005).

En la península de La Guajira, el manglar constituye uno de los principales patrimonios paisajísticos. Entre estos, uno de los manglares más importantes está ubicado en el delta del río Ranchería, donde este manglar se desarrolla bajo condiciones extremas (baja precipitación, períodos prolongados sin inundación, elevada insolación y a una alta presión antrópica (Lema-Vélez & Polania, 2005). La descomposición es uno de los procesos más importantes en los ecosistemas de manglar, proceso por el cual la materia orgánica es transformada en compuestos más simples. Sin embargo, existen pocos estudios sobre la producción de hojarasca y la descomposición en los ecosistemas de manglar en zonas áridas, lo que podría demostrar una dinámica muy distintiva. En Colombia la descomposición de hojas de mangle ha sido abordada por varios autores para analizar las tasas de descomposición sobre diferentes condiciones (Sierra-Rozo et al 2009; Sierra et al, 2010; Galeano et al., 2010), sin embargo, estos estudios se han realizado en zonas isleñas del Caribe, más no en zonas con condiciones extremas como lo son las zonas semi-áridas.

La descomposición es importante en el funcionamiento de los ecosistemas, debido a que su productividad depende del reciclaje de nutrientes, y este depende a su vez, de la descomposición de materia orgánica y de la liberación de los nutrientes que contiene (Alvarez-Sanchez J. & Harmon M., 2003).

Varios estudios han demostrado que los macroinvertebrados trituradores son importantes en la descomposición de las hojas en varios ecosistemas acuáticos (Mathew, 2003). Middleton & Mckee (2001) señalan que la presencia y abundancia de macroinvertebrados tales como anfípodos, isópodos y cangrejos, también acelera el rompimiento de los tejidos por consumo directo de las hojas. Por lo anterior se evaluó si la exclusión de macroinvertebrados afecta a las tasas de descomposición de la hojarasca de la hojarasca, para esto se utilizó bolsas de hojarasca de malla gruesa y fina para investigar el efecto de la exclusión de macroinvertebrados en la descomposición de la hojarasca.

El principal objetivo de este trabajo fue evaluar el proceso de descomposición acuática de la hojarasca en tres especies de mangle *Rhizophora mangle*, *Laguncularia racemosa* y *Avicennia germinans*, en dos tratamientos de ojo de Malla deiferentes en el delta del río Ranchería (Brazo Río) y su relación con los macroinvertebrados.

METODOLOGÍA

Área de estudio

Este trabajo se realizó en el delta del río Ranchería, al noreste del municipio de Riohacha y sureste del municipio de Manaure, a $11^{\circ} 34' 25,23''\text{N}$, $70^{\circ} 52' 66''\text{W}$ y $11^{\circ} 32' 15, 42''\text{N}$, $72^{\circ} 54' 31, 46''\text{W}$; (Figura 1). Este sistema deltaico está constituido por una serie de lagunas y áreas de manglar, entre ellas, el valle de los cangrejos y el brazo Riíto. El valle de los cangrejos está ubicado en una de las desembocaduras del río, denominada brazo calancala, a 2 km de la ciudad de Riohacha. En el brazo Riíto se encuentra otra desembocadura que está ubicada al noreste del casco urbano de Riohacha y su zona de manglar está limitada al noreste por el mar Caribe y al sur con el municipio de Riohacha (IGAC, 1988; Díaz-Fuenmayor, 2001).

Dada la posición geográfica de la península de la Guajira, se encuentra durante la mayor parte del año sujeta a la acción de los vientos alisios del noreste, la cual ocasionan condiciones acentuadas de aridez, por lo tanto, las nubes cargadas de humedad son llevadas hacia el suroeste (Arbelaez C. & Hoyos G., 2000)

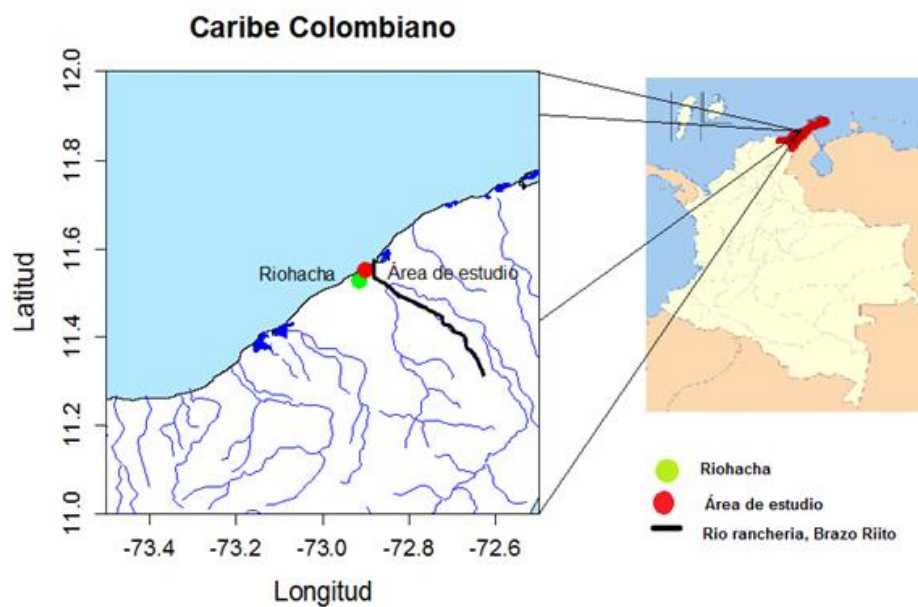


Figura 1: Ubicación del municipio de Riohacha con los brazos principales del delta del Río Ranchería, brazo Riíto, en la Península de La Guajira, Caribe Colombiano.

Fase de campo

Durante los meses de noviembre y diciembre del 2015 y enero del 2016, se estudió la descomposición de la hojarasca de manglar siguiendo la técnica de la bolsa de descomposición de hojarasca (*litterbag*), propuesta por Harmon et al., (1999). En la cual, se colectaron hojas senescentes de *Laguncularia racemosa* (mangle blanco), *Avicennia germinans* (mangle negro) y *Rhizophora mangle* (mangle rojo) procurando que estuvieran completas y que hicieran parte de la fronda. Estas hojas se llevaron al laboratorio de Ciencias biológicas de la Universidad de La Guajira, en donde se

limpiaron y luego por una semana se secaron en un horno a 60°C, hasta obtener peso seco constante. Pasado este periodo de secado, se pesaron 5 g (+/- 0.005 g) en una balanza analítica y fueron depositadas en bolsas de nylon tipo malla (20 x 20 cm). Para evaluar el efecto del ojo de malla sobre la descomposición, se probaron dos tamaños como tratamiento, el primero con un ojo de malla de 0.5 cm, el cual se denominó malla fina (MF) y el segundo, un ojo de malla de 1 cm, denominado malla grande (MG).

Por otra parte, La selección del lugar adecuado en el tramo del río para la ubicación de las bolsas de descomposición, fue basada teniendo en cuenta la accesibilidad al sitio y la ausencia de corrientes fuertes, de modo que permitiera la permanencia de las bolsas. Cada bolsa representó una unidad experimental (UE) y contaron con tres réplicas. Se ubicaron las UE de forma equidistante y aleatoria en cuatro tramos a lo largo del río, donde se plantaron cuatro (4) varillas en sitios al azar, en las cuales fueron fijados los paquetes de hojarasca con ayuda de cuerdas de nylon, donde se ubicaron 72 muestras en total, distribuidas en tres (3) especies (*Rhizophora mangle*, *Avicennia germinans*, *Laguncularia racemosa*), tres (3) réplicas, dos tratamientos (MG y MF) y cuatro (4) muestreos. Se realizaron 4 muestreos durante 2 meses, en cada muestreo se recolectaron 18 muestras en total (tres replicas por especie y dos tratamientos). Siguiendo la metodología utilizada por Eyes. M (2010) y propuesta por Elosegí y Sabater (2009), se establecieron días específicos de muestreos con el fin de cuantificar las tasas de descomposición a través del tiempo. El primer muestreo (M1) se realizó a los siete días posteriores a la postura de las mallas, el segundo (M2) a los 14 días, el tercero (M3) a los 28 días y el cuarto (M4) a los 56 días. Durante cada muestreo se utilizaron equipos que permitieron la toma de las variables físico-químicas del agua (PH, conductividad, Oxígeno disuelto, temperatura, saturación, salinidad).

Fase de laboratorio

Después de cada colecta, el material se transportó al laboratorio de Ciencias Biológicas de las instalaciones de la Universidad de La Guajira. Allí se lavaron cuidadosamente con agua sobre tamices de 200 y 63 µm, dispuestos consecutivamente con el fin de recolectar macroinvertebrados. Posteriormente, el material se limpió y se sometió a una temperatura de 60°C por una semana, hasta obtener pesos seco constante. Posteriormente se registró el peso y se determinó el porcentaje remanente del peso seco original en cada intervalo temporal de colecta. Durante el lavado del material vegetal se colectaron los organismos que se encontraban presentes en las bolsas de tratamiento de malla de ojo grande (MG en un frasco con alcohol al 96% debidamente rotulados por fecha de muestreo y especie, los cuales luego con ayuda de un estereoscopio y claves taxonómicas especializadas fueron identificados hasta su máximo nivel de determinación posible.

Análisis estadísticos

Para calcular las tasas de descomposición anual de cada especie se ajustó el modelo simple exponencial propuesto por Olson (1963), en el que se describe la relación simple de la pérdida de peso seco de la hojarasca en un tiempo (t), representado por la ecuación:

$$\ln (X_t / X_0) = - k t \quad (1)$$

X_t : peso seco de hojarasca remanente en un tiempo (g)
 X_0 : peso seco inicial (g)
 k : Constante de descomposición

Con el valor de k , el cual equivale a la cantidad de peso que se pierde en un día, se calculó el tiempo que se necesita para descomponer los 5g (100%) de las hojas evaluadas, este cálculo se hace aplicando una regla de tres simple. Se determinaron los tiempos de residencia media del material (T_{50}) mediante la siguiente ecuación:

$$t_{50} = \ln^2 k^{-1}$$

$$\ln^2 = 0.693.$$

$$t_{50} = 0.693 k^{-1}$$

Para determinar diferencias significativas en la velocidad de descomposición (Valores de k) se aplicó un ANOVA multifactorial empleando el paquete estadístico STATISTICA 6.0, con previo análisis de los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianza. En este mismo sentido, se utilizaron los valores de k como variable dependiente y como factores la hojarasca foliar el tratamiento y la interacción entre estas últimas. Para determinar entre cuales de las especies de mangle estudiadas se dieron las diferencias se aplicó un *post hot* con el test de Tukey y el tiempo. Se tuvo en cuenta niveles de significancia en $p \leq 0.05$ (Sokal, R. R. y F. J. Rohlf., 1981).

Para analizar la relación entre la descomposición, los macroinvertebrados y las variables fisicoquímicas, se tuvo en cuenta el tratamiento de malla de ojo grande, debido a que estas permitían el acceso de los macroinvertebrados, para esto se realizó en Análisis de Correspondencias Canónicas (ACC) utilizando el programa estadístico PAST.3 (Hammer, Ø, D. A. T. & Harper y P. D., 2001) para reducir la influencia de los valores grandes y elimina las distintas escalas de medidas se transformaron los datos a Log (x^{+1}). (Greenacre M., 2008).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En términos generales, para los parámetros fisicoquímicos se destaca la variabilidad de la salinidad para los cuatro (4) muestreos, en especial para el M3 donde esta fue la más alta, situación que probablemente obedeció al régimen de lluvias, estos resultados obtenidos fueron similares a los reportados por Galeano et al (2010). La temperatura oscilo entre 27,2°C y 28,5°C siendo este último valor para el M1, para los demás muestreos se puede decir que esta se mantuvo constante (Tabla 1). Los valores de oxígeno disuelto presentaron valores medios, el igual que el porcentaje de saturación que se encuentra en una escala apta para organismos que viven en ecosistemas estuarinos.

Los valores de PH oscilaron entre 7,5 y 7,9 estos son adecuadas para la proliferación y desarrollo de la vida acuática, la mayoría de animales acuáticos prefieren un rango de 6,5 a 8,0, si se encuentran fuera de este rango, según Roldan (2003) se reduce la diversidad por estrés fisiológico. Se observó que la temperatura, oxígeno y salinidad presentan una gran relación, los valores de oxígeno disminuyen a medida que la temperatura y salinidad aumenta tal como se ha encontrado en los estudios de Hahn-vonHessberg et al (2009), quienes relacionan la temperatura con bajos niveles de oxígeno y altas concentraciones de salinidad y a medida que aumenta la salinidad en los manglares, el oxígeno disuelto del agua disminuye. Góngora-Gómez et al (2012) en su investigación señalan que la temperatura es reconocida como el factor ecológico de mayor importancia debido a que esta afecta la distribución de los organismos no sólo porque están adaptados a crecer y desarrollarse dentro de ciertos límites térmicos, sino también porque la variación de temperatura determina cambios en otras variables; como, por ejemplo, la concentración del oxígeno disuelto (Tabla 1).

Los patrones de descomposición observados en el delta del río Ranchería fueron similares a los encontrados en otros estudios (Adaime,1985; Aké-Castillo J. G. & J. López-Portillo, 2006; Chale, F, 1993; Fernando, S. & S. Bandeira,2009; Panitz, CMN, 1986)

Tabla 1: Variables fisicoquímicas registradas durante los muestreos (M1, M2, M3 y M4) en el delta del río Ranchería – Brazo Ríto.

Muestreos	OD (mg/l)	O2 (%)	Cond.($\mu\text{S}/\text{cm}$)	T ($^{\circ}\text{C}$)	Sal	pH
M1	4,47	55,2	21,9	28,5	12,7	7,91
M2	4,24	53,6	22,5	27,2	13,6	7,81
M3	3,74	47,8	28	27,6	17,3	7,72
M4	4,24	53,8	25	27,9	15,3	7,52

Fuente: <https://www.doi.org/10.5281/zenodo.6709931>

Pérdida de necromasa remanente

La pérdida para *R. mangle* en los dos tratamientos (MF y MG) fue similar. (Figura 2).

En términos generales para la primera semana en todas las hojas evaluadas se perdió aproximadamente más de un 27% de la biomasa inicial, estos resultados son similares a los reportados por otros autores en trabajos relacionados con la descomposición de hoja de mangle (Robertson 1988; Middleton, B. y K. Mckee. 2001; Davis, S., C. Corronado - Molina, D. Childers y J. Day. 2003; Juman, 2005; AkéCastillo et al., 2006; Fernando y Bandeira, 2009; Barroso-Matos et al., 2012; Brito, 2015; Pushaina, 2015).

Según la literatura gran parte del material foliar se pierde por lixiviación en los primeros días de descomposición. La pérdida rápida inicial de biomasa que caracteriza en general este proceso es atribuible al lavado inmediato del material orgánico soluble y de compuestos inorgánicos (Camilleri & Ribí, 1986). Patrones similares han sido reportados por Wieder & Lang, (1982),Day et al. (1982) Dick & Osunkoya (2000), Middleton & McKee (2001).

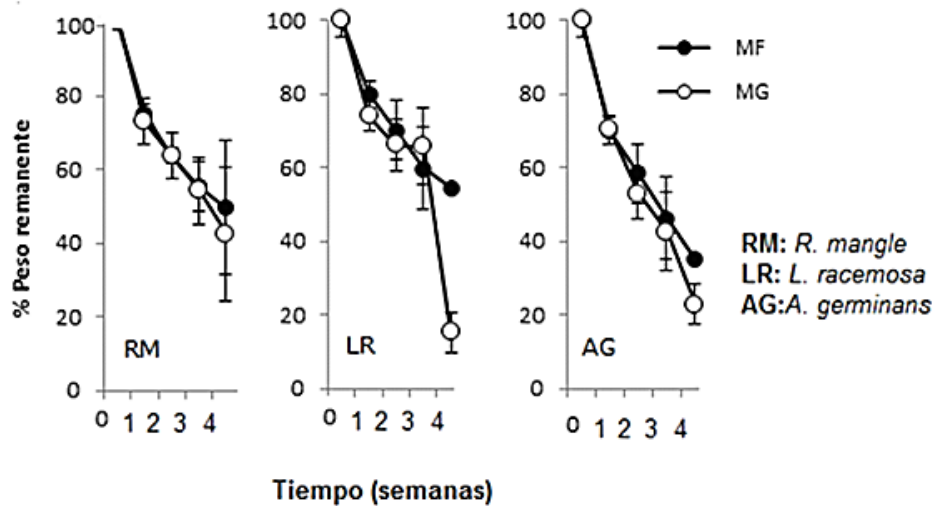


Figura 2: Cambios en el porcentaje del material foliar remanente de las diferentes especies de manglar en los dos (2) tipos de tratamiento de malla (MF – MG) durante las cuatro semanas de muestreo, en el delta del río Ranchería - brazo Riito. RM: *R. mangle*, LR: *L. racemosa*, AG: *A. germinans*. Fuente: <https://www.doi.org/10.5281/zenodo.6709933>

Tasa de descomposición de la hojarasca foliar

Cuando se comparó las tasas de descomposición entre los tipos de hojarasca foliar de las especies se encontraron diferencias significativas ($p < 0,05$). Pero cuando se comparó la interacción de los dos factores (Hojas*Tratamientos), no se encontró diferencias significativas ($p > 0,05$). Los coeficientes de determinación R^2 (Tabla 2) oscilaron, en su mayoría, entre valores del 84 y 95 %, indicando que en buena proporción la variación de los datos es explicada por el tiempo. Se observa que la mayor tasa de descomposición fue de *A. germinans* (Tabla 2).

Diferencias significativas fueron observadas entre los tratamientos ($p < 0,05$). Particularmente, mayores tasas fueron registradas en MG.

Tabla 2: Modelos de regresión y su desviación estándar, ajustados para la pérdida de peso en función del tiempo para la hojarasca evaluada en el delta del Río Ranchería - brazo Riito. K : tasa de descomposición (g/día). R^2 : coeficiente de determinación, $5g$ (días): días que se necesitan para descomponer 5g. Fuente: <https://www.doi.org/10.5281/zenodo.6709935>

Hoja	Tratamiento	k (g/día)	%R ²	5g (días)	Vida media(días)
<i>R. mangle</i>	MF	0,019 ± 0,003	87	259	36
	MG	0,021 ± 0,006	89	231	32
Total		0,020 ± 0,001	88	244	34
<i>A. germinans</i>	MF	0,027 ± 0,007	84	179	25
	MG	0,034 ± 0,003	95	144	20
Total		0,031 ± 0,004	89	159	22
<i>L. racemosa</i>	MF	0,015 ± 0,003	83	323	45
	MG	0,025 ± 0,004	91	199	28
Total		0,020 ± 0,006	87	246	36

El modelo de regresión simple exponencial, permitió comparar los valores de descomposición con otros trabajos, siendo este modelo el de más uso para describir la tasa de descomposición, por otro lado, el elevado coeficiente de determinación de las regresiones encontradas en este trabajo, podrían indicar que el tiempo es el factor fundamental en la explicación de la variabilidad en el porcentaje de degradación. Cuando se comparan las velocidades de descomposición se encontraron diferencias estadísticas, la velocidad más rápida la presenta *A. germinans* en comparación de *R. mangle* y de *L. racemosa*, este mismo comportamiento lo reportó Barroso-Matos et al (2012) quienes al igual que este trabajo también confirman que no existe diferencias en la velocidad de descomposición de *R. mangle* y de *L. racemosa*. Según la literatura *A. germinans* exhibe una alta concentración de nitrógeno cuando se compara con *R. mangle* y de *L. racemosa* (Bernini, Silva, Carmo, Cuzzuol, 2006; Medina, 1997) según estos autores esta característica podría explicar las grandes velocidades que muestra esta especie. De esta misma manera el tiempo de vida medio mostró el mismo comportamiento de rápida descomposición.

En la tabla 3 se puede observar las velocidades de descomposición del material foliar reportados para tres zonas diferentes (Mozambique, Isla de San Andrés y Brasil). Las velocidades de descomposición y el tiempo de vida medio en todas las especies fueron más altos que los reportados por Barroso-Matos et al (2012), sin embargo, los resultados obtenidos fueron similares a los estudios realizados por Fernando y Bandeira, (2009) y Galeano et al., (2010). Los valores obtenidos de la velocidad de descomposición en ambos tipos de bolsas, junto con el porcentaje de remanencia anual permiten ubicar a las especies de *L. racemosa*, *R. mangle* y *A. germinans* en la categoría de procesamiento rápido descrita por Petersen y Cummins. (1974), ya que, en un período menor a un año, las hojas de esta especie son totalmente procesadas.

Tabla 3: Velocidades de descomposición del material foliar de *A. germinans*, *L. racemosa* y *R. magle* reportados para tres lugares del trópico. Fuente: <https://www.doi.org/10.5281/zenodo.6709939>

GÉNERO	LUGAR	K	AUTOR
<i>R. mangle</i>	Mozambique	0,02800	Fernando y Bandeira, 2009
	Colombia (San Andrés)	0,02000	Galeano <i>et al.</i> , 2010
	Brasil	0,00270	Barroso-Matos <i>et al.</i> , 2012
	Colombia (Riohacha)	0,020	Presente estudio
<i>A. germinans</i>	Mozambique	0,01400	Fernando y Bandeira, 2009
	Colombia (San Andrés)	0,02100	Galeano <i>et al.</i> , 2010
	Brasil	0,00510	Barroso Matos <i>et al.</i> , 2012
	Colombia (Riohacha)	0,031	Presente estudio
<i>L. racemosa</i>	Colombia (San Andrés)	0,02200	Galeano <i>et al.</i> , 2010
	Brasil	0,0032	Barroso-Matos <i>et al.</i> , 2012
	Colombia (Riohacha)	0,020	Presente estudio

Macroinvertebrados asociados a la descomposición de las hojas de mangle

En total se encontraron 76 individuos, distribuidos en ocho (8) taxones, de los cuales *Nerita sp* fue el de mayor abundancia relativa con el 41%, seguido de *Crassostrea sp*, con el 21%, los de menor abundancia fueron *Orthocladinae* y *Curculionidae* con el 1% para ambos. Cuando se observa las abundancias de los macroinvertebrados asociados a la descomposición, se detalla que para la especie de *A. germinans* se encontraron asociados los taxones *Chironomidae*, *Crassostrea*, *Hydrobiidae*, *Nerita*, *Orthocladinae* y *Tanypodinae*, la mayor abundancia la obtuvo *Nerita* y la menor el género *Orthocladinae*, para la *L. racemosa* los macroinvertebrados que se encontraron asociados fueron *Bogidiellidae*, *Crassostrea*, *Hydrobiidae* y *Nerita* esta última en mayor proporción y para la especie *R. mangle* se encontró asociado *Bogidiellidae*, *Chironomidae*, *Curculionidae*, *Crassostrea*, *Hydrobiidae*, y *Nerita*, donde el género *Crassostrea* fue el de mayor abundancia.

El Análisis de correspondencia canónica (ACC) reportó el 90,29 % de la varianza total explicada en los ejes 1 y 2 a través de los valores de inercia de la matriz. El primer eje relaciona a la especie *R. mangle* (0,03), con las variables fisicoquímicas Conductividad y salinidad, ubicando en el lado positivo de esta dimensión a los taxones *Crassostrea* (0,24) y *Nerita* (1,3). Mientras que en el extremo negativo de este eje se asociaron las variables fisicoquímicas pH (-0,74), Oxígeno disuelto (-0,34) y saturación de oxígeno (-0,20), con los taxones *Orthocladinae* (-3,07), *Hydrobiidae* (-0,87), *Chironomidae* (-0,84) y *Tanypodinae* (-1,83). (Figura 6)

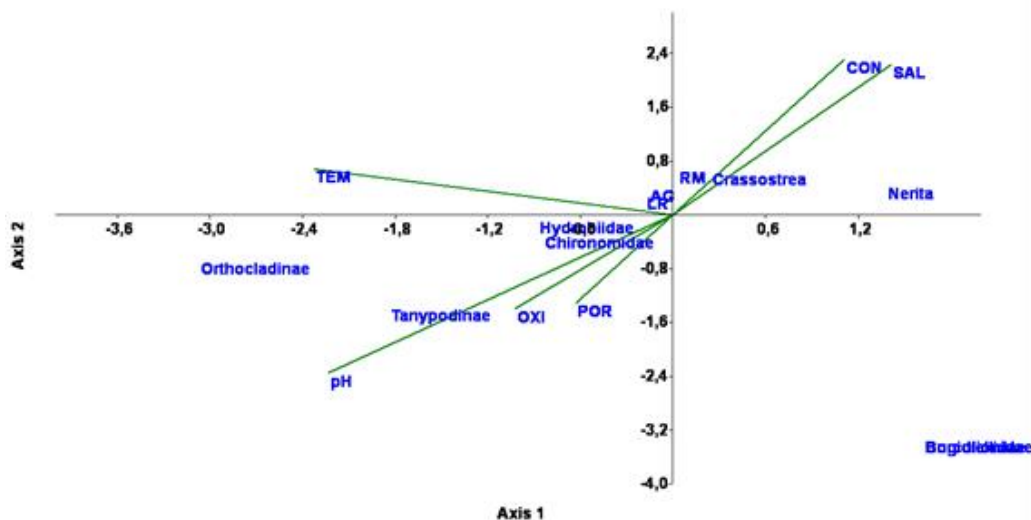


Figura 3: Análisis de correspondencia canónicas (ACC), ordenación de los dos primeros ejes. Fuente: <https://www.doi.org/10.5281/zenodo.6709943>

La poca abundancia de los macroinvertebrados asociados a las bolsas de descomposición no mostró un efecto claro de estos organismos en la descomposición. Sin embargo, en el ACC se evidenció la relación de *R. mangle* junto con las variables salinidad, conductividad y con los taxones *Nerita* y *Crassostrea*. Estos géneros fueron encontrados en mayor abundancia y son típicos de zonas estuarinas, el género *Nerita* es un caracol que habita en fondos de lodos en los márgenes de las lagunas con mangle y es indicador de ambientes no contaminados (De la Lanza et al, 2000).

Por otro lado, *Crassostrea* es un taxón típico de los manglares y se caracteriza por encontrarse en mayor abundancia en las raíces de *R. mangle* (Flores, 1968; Morao 1983; Lalana et al, 1985; Anónimo, 1986). Se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos de ojo de malla evaluados, en la malla de ojo grande, donde la velocidad de descomposición fue mayor. Aunque no se encontró una relación clara con los macroinvertebrados, no se descarta que esta sea la causa de las diferencias en los tratamientos evaluados, posiblemente camarones y cangrejos puedan tener una relación directa con estas diferencias, pero al momento de la colecta estos no fueron atrapados en las bolsas. De hecho, Middleton y McKee (2001) han indicado que invertebrados como cangrejos y anfípodos triplican la tasa total de degradación de las hojas. Robertson (1986) registró en Australia que cangrejos del género *Sesarma* (Sesarmidae) remueven más del 28 % de la producción de hojarasca de *R mangle*. Estudios en Latinoamérica sugieren también que los cangrejos consumen una cantidad importante de hojarasca de manglar (Twilley et al,1997).

Este trabajo es de tal importancia para comprender la dinámica de la materia orgánica en el delta del río Ranchería, y servirá de insumo para entender el flujo de exportación de materia orgánica a otros ecosistemas. Finalmente, las velocidades de descomposición en el delta del río Ranchería (Brazo Riño) fueron altas, permitiendo que los procesos de exportación a ecosistemas vecinos y sedimentación se den de manera rápida.

LITERATURA CITADA

- Álvarez-Sánchez J. Y Harmon M. (2003). Descomposición de hojarasca, hojas y madera. En:Álvarez-Sánchez, J. Y Naranjo-García, E. (eds.) Ecología del suelo en la selva tropical húmeda de México. Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto de Ecología.Pp. 108-122.
- Alongi, D.M. (1990). Abundances of benthic microfauna in relation to outwelling of mangrove detritus in a tropical coastal region. Mar. Ecol. Progr. Ser., 63: 53- 63.
- Arbelaez, C, M. M; Hoyos, G, A. (2000). Zonificación ambiental de la media y baja Guajira con base en los sistemas de información y georfiota y la tele detección espacial, Pag. 228.
- Adaime, R. (1985). producción del bosque de mangles de Gamboa, Nóbrega. Tesis. Universidad de Sao Paulo, Brasil.
- Aké-Castillo J. G. Vázquez y J. López-Portillo. (2006). Litterfall and decomposition of *Rhizophora mangle* L. in a coastal lagoon in the southern Gulf of Mexico. Hydrobiologia 559: 101– 111.
- Chale, F. M. M. (1993). Degradación de la hojarasca de manglar bajo condiciones aerobias. Hydrobiologia, 257(3), 177-183.
- Castellanos M., Carabalí., A. (2014). El delta del rio Ranchería: una mirada Biofísica y social antes de la represa. Riohacha la Guajira, Pag. 95-135

- Dittmar, T., N. Hertkorn, G. Kattner & R.J. Lara. (2006). Mangroves, a major source of dissolved organic carbon to the oceans. *Global Biogeochem. Cy.*, 20: 1- 7.
- Díaz-Fuenmayor, K. (2001). Regeneración natural del manglar en el Riño y el Valle de los Cangrejos, delta del río Ranchería. Trabajo de grado, Universidad de La Guajira, Riohacha.
- Eyes, M. (2010). Descomposición De La Hojarasca Y Su Relación Con Los Macroinvertebrados Acuáticos En El Rio Gaira, Santa Marta, Colombia. Tesis de Maestría En Ciencias Ambientales Linea Biodiversidad SUE Caribe. Universidad del Atlántico.
- Elosegi, A., Sabater, S. (Eds). (2009). Conceptos y técnicas en ecología fluvial. Fundación BBVA, 444 pp.
- Fernando, S. y S. Bandeira. (2009). Litter fall and decomposition of mangrove species *Avicennia marina* and *Rhizophora mucronata* in Maputo Bay, Mozambique. *Western Indian Ocean J. Mar. Sci.*, 8: 173-182
- Gattuso JP, Frankignoulle M, Wollast R. (1998). Carbon and carbonate metabolism in coastal aquatic ecosystems. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 29:405-434.
- Hoffman A. (2005). Dynamic of fine particulate organic matter (FPMO) and macroinvertebrates in natural and artificial leaf packs. *Hydrobiology*. 549:167–178.
- Harmon, M. E., K. J. Nadelhoffer y J. M. Blair (1999). Measuring decomposition, nutrient turnover, and stores in plant litter. 202-240. En: Robertson, G. P., D. C. Coleman, C.
- Hammer, Ø, D. A. T. Harper y P. D. Ryan. (2001). PAST:Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontol Electronica* 4 (1): 1-9.
- Hammer, Ø, D. A. T. Harper y P. D. Ryan. (2001). PAST:Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontol Electronica* 4 (1): 1-9.
- Instituto Geografico Agustin Codazzi. IGAC. (1988). Suelos y bosques de Colombia. IGAC, Subdirección agrícola. Bogotá.
- Lema-Vélez, L. Polanía, J. (2005). Regeneración natural y producción del manglar del delta del río Ranchería, Caribe colombiano. *Actual Biol* 27 (82): 25-33.
- Olson, J.S. (1963). Energy Storage and Balance of Producers and Decomposer in Ecological Systems. *Ecology* 44: 322-331.
- Panitz, CMN (1986). Producción e decomposição de serapilheira no mangue del rio Itacorubi, Ilha de Santa Catarina, Florianópolis, Brasil (27 ° 35'S-48 ° 31'W). Doctor en Filosofía. Tesis, Universidad Federal de São Carlos, São Carlos, 601pp

Sierra-Rozo, O., J.E. Mancera-Pineda & A. Santos-Martínez. (2009). Velocidad de descomposición de la hojarasca en diferentes sustratos de manglar durante la época de lluvias en San Andrés Isla, Caribe colombiano. *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras* 38(1):59-84.

Sánchez Páez, H. G., & Álvarez – León R. (1997). Diagnóstico y zonificación preliminar de los manglares del Caribe de Colombia. Proyecto PD/171/91 Rev. 2. (f) fase 1. Conservación y manejo para el uso múltiple y el desarrollo de los manglares en Colombia, Min Ambiente/OIMT/ACOFOR. Santa fe de Bogotá D.C (Colombia) 511P.

Bledsoe, S. & Sollins, P. (Eds.). *Standard soil methods for long-term ecological research*. Oxford University Press, Nueva York. 462 p.