APORTES DE HOJARASCA FINA: RESPUESTA A EVENTOS DE VARIABILIDAD CLIMÁTICA EN UN FRAGMENTO DE BOSQUE SECO URBANO

OMAR EDUARDO GUERRA RODRIGUEZ

UNIVERSIDAD MAGDALENA
FACULTAD DE CIENCIAS BÁSICAS
PROGRAMA DE BIOLOGÍA
SANTA MARTA D.T.C.H

2021

APORTES DE HOJARASCA FINA: RESPUESTA A EVENTOS DE VARIABILIDAD CLIMÁTICA EN UN FRAGMENTO DE BOSQUE SECO URBANO

OMAR EDUARDO GUERRA RODRGUEZ

Trabajo de investigación presentado como requisito parcial para optar al título de:

Biólogo

Director (a):
PhD. JEINER CASTELLANO BARLIZA

Línea de Investigación:

AMBIENTE Y SOSTENIBILIDAD

Grupo de Investigación:

ECOLOGIA NEOTROPICAL (GIEN)

UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA
FACULTAD DE CIENCIAS BASICAS
PROGRAMA DE BIOLOGIA
SANTA MARTA D.T.C.H

2021

Nota de aceptación:

Aprobado por el Consejo de Programa en cumplimiento de los requisitos exigidos por el Acuerdo Superior N° 11 de 2017 y Acuerdo Académico N° 41 de 2017 para optar al título de Biólogo

_____

Jurado

_____

Jurado

Santa Marta, ____ de ____de _____

Dedicatoria

A Dios en primera instancia por darme la fuerza y la sabiduría a lo largo de estos años, con el fin de poder alcanzar mis sueños y logros.

A mis padres Luis Guerra y Katty Rodríguez y mis hermanos Laura y Santiago, que a pesar de muchas dificultades no dejaron de creer en mi y me han apoyado incondicionalmente en toda mi vida. También a mis amigos y familiares que han estado ahí en los momentos difíciles que he pasado y en los buenos también.

Omar Guerra Rodríguez

AGRADECIMIENTOS

A Dios quien pudo orientarme en este largo y agradable camino en el cual pude conocer gracias a él, a las personas que me hicieron crecer como persona

Agradecimientos totales a mi director Jeiner Castellano Barliza, el cual siempre estaré muy agradecido por la ayuda y asesoría y acompañamiento brindada durante todo este proceso, además de toda la sabiduría que me impartió desde la academia.

También al profesor Willinton Barranco, que me acompaño a lo largo no solo de todo este proyecto, sino además de darme la posibilidad y confianza de dejarme participar y aprender de otros proyectos de investigación.

A mis compañeros Eber Ropain, Victoria Carmona, Juan Sebastián Bermúdez, Andrea Quiroga, Jean Carlos Guzmán, Gisella Aarón, Luz Rivas, Miguel Ángel Figueroa y todos mis compañeros del grupo de GIEN, quienes aportaron su granito de arena para sacar adelante este maravilloso proyecto de investigación.

A vicerrectoría de investigación por apoyarme con la 4ta convocatoria de financiación de tesis, con el cual se pudo sacar adelante esta investigación.

A nuestra alma mater, la Universidad del Magdalena por todos estos años de conocimiento, crecimiento profesional y personal, en donde descubrí cualidades y capacidades, las cuales me servirán en la mi vida profesional como BIOLOGO.

Agradecimientos al laboratorio 9 de INTROPIC y al laboratorio de calidad del aire por dejarme usar los espacios para el procesamiento de mis muestras a lo largo de mi investigación.

Contenido

1. **Resumen**……...**IX**

2. **Abstract**……...**X**

3. **Introducción** .....**XI**

4. **Metodología**……. .....….**XIV**

Área de estudio..... **XIV**

Monitoreo y Clasificación de la Hojarasca Fina……**XVI**

Análisis de datos..... **XVI**

5. **Resultados** ..... **XVII**

Producción de hojarasca fina……**XVII**

Patrones estacionales de la hojarasca foliar y su relación con la variabilidad climática……**XVIII**

6. **Discusión**……..**XX**

Producción de hojarasca fina……..**XX**

Patrones estacionales de la hojarasca foliar y su relación con la variabilidad climática……..**XXI**

7. **Conclusión**……**XXII**

8. **Bibliografía**……**XXIII**

Lista de figuras

Pág.

Figura 1: Área de estudio y climadograma que indican la temperatura del aire y la precipitación durante el periodo (2019-2020) **……XV**

Figura 2: Patrón de producción mensual de hojarasca foliar e índice ENSO multivariado (IEM) en un fragmento de bosque seco urbano, Santa Marta, Colombia…**……...XIX**

Lista de tablas

Pág.

Tabla 1: Características estructurales en un fragmento de bosque seco urbano, Santa Marta, Colombia**……XV**

Tabla 2: Tasas anuales de producción de hojarasca fina y sus fracciones (kg ha^{-1}) en un fragmento de bosque seco urbano, Santa Marta, Colombia. …**……....XVII**

Tabla 3: Correlación de Spearman entre las fracciones de hojarasca fina y la precipitación durante el estudio en un fragmento de bosque seco urbano, Santa Marta, Colombia**……..XIX**

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
BST	Bosque seco tropical
Mg	Tonelada
ha^{-1}	hectáreas
m	metros
m^2	metros cuadrados
DAP	diámetro a la altura al pecho

1. RESUMEN

El Bosque Seco Tropical (BST) es uno de los ecosistemas más extensos a nivel mundial, pero poco conocido a nivel estructural y funcional. La hojarasca fina representa la principal vía de circulación de materiales orgánicos y nutrientes en los BST. El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de periodo de variabilidad climática anual sobre los aportes de materia orgánica vía hojarasca fina. Se instalaron en total de 35 trampas de hojarasca distribuidas en seis parcelas de 250 m^2. El material de las trampas fue colectado con una frecuencia mensualmente durante dos años (2019-2020). Se caracterizaron dos periodos de variabilidad climática, el primero Neutral entre enero de 2019-mayo de 2020 y el segundo Niña entre junio-diciembre de 2020. Altas tasas de producción hojarasca fina y entre fracciones fueron registradas en el periodo neutral (9,2 Mg ha^{-1} $año^{-1}$) que en el periodo Niña (2,6 Mg ha^{-1} $año^{-1}$). Las precipitaciones tuvieron un efecto sobre la estacionalidad en la caída de la hojarasca foliar. Así, el 52% de las entradas de materiales foliares fueron registradas en la estación seca entre enero-abril para el periodo Neutral. Los resultados demuestran que la variabilidad climática y/o el cambio climático, no solo afecta al bienestar humano, sino también, viene transformando los ecosistemas, y en este caso al BST.

Palabras claves: Hojarasca, variabilidad climática, periodo la niña, periodo neutral, estructura y bosque seco tropical

2. ABSTRACT

The Tropical Dry Forest (BST) is one of the most extensive ecosystems in the world, but little known at a structural and functional level. Fine litter represents the main circulation pathway for organic materials and nutrients in BSTs. The objective of this study was To assess the effect of the period of annual climatic variability on the contributions of organic matter fine leaf litter. A total of 35 litter traps were installed distributed in six plots of 250 m2. The material from the traps was collected on a monthly basis for two years (2019-2020). Two periods of climate variability were characterized, the first Neutral between January 2019-May 2020 and the second Niña between June-December 2020. High rates of fine litter production and between fractions were recorded in the neutral period (9.2 Mg ha-1 year-1) than in the Niña period (2.6 Mg ha-1 year-1). The precipitations had an effect on the seasonality in the fall of the leaf litter. Thus, 52% of the entries of foliar materials were registered in the dry season between January-April for the Neutral period. The results show that climate variability and / or climate change not only affects human well-being, but also has been transforming ecosystems, and in this case the BST.

Keywords: Litterfall, climate variability, La Niña period, neutral period, structure and tropical dry forest

3. INTRODUCCIÓN

El Bosque Seco Tropical (BST) es uno de los ecosistemas más predominantes en el neotrópico, representando un 46 % de los bosques a nivel mundial (Castellanos, et al., 2018); estos se encuentran en regiones tropicales caracterizadas por una pronunciada estacionalidad en la distribución de las lluvias y con varios meses de sequía (Bullock, et al., 1995). Los BSTs poseen una variedad de formaciones vegetales, denominadas por bosques, sabanas y matorrales que se diferencian por poseer una variabilidad climática (lluvias – sequías), edáficas y topográficas; lo que genera un gran desafío para la sobrevivencia de las especies que habitan estos ecosistemas (Bullock, et al., 1995), como también en el desarrollo adaptativo de los individuos que influyen directamente en los procesos ecológicos de estos hábitats (Arcila Cardona, et al., 2012). Además, estos producen paisajes conformados por parches de diferentes tamaños y sus alrededores marcada con una matriz agrícola, ganadera o urbana (IAvH, 2021).

En los últimos años, en los BSTs se han venido registrando grandes pérdidas de cobertura vegetal, debido a las diferentes actividades antrópicas que en él se presentan (Vargas, et al., 2016). Para el caso del Caribe colombiano, este ecosistema es uno de los más amenazados en el mundo, el deterioro reportado a conllevado a que el 66 % de su cobertura vegetal, se vea afectada drásticamente por las grandes expansiones agrícolas y ganaderas, talas indiscriminadas, deforestación y asentamientos humanos que directa e indirectamente utilizan el suelo para la producción de otros intereses, generando así, la reducción drástica de su cobertura original (Pizano & García, 2014; Lemos & González, 2015; García, et al., 2016;).

Los BSTs al igual que todos los ecosistemas del mundo, representan sistemas claves para la alimentación proporcionando una variedad de servicios ecosistémicos y bienestar humano. Entre ellos, la regulación del clima, regulación hidrológica, sustento energético para las comunidades asociadas, mantenimiento de la biodiversidad, entre otros (MEA, 2005; Barranco, et al., 2016); lo que conlleva a que, las áreas verdes urbanas que estén conformadas por estos bosques representen ecosistemas que cumplan con la mitigación del clima causada por el calentamiento de las ciudades y provisión de germoplasma para

la propagación de especies y dispersión de semillas (IAvH, 2021). Por ende, se hace importante comprender como funcionan los BSTs colombianos, y así poder dar buen uso a los diferentes bienes y servicios que estos ofrecen, haciendo necesario la realización de nuevos trabajos que permitan desarrollar estrategias de recuperación y manejo de conservación de la funcionalidad de los bosques secos en el Caribe colombiano.

Una de las características climáticas que afectan a los BSTs, es el ciclo conocido como "el Niño" y su fase opuesta "la Niña", este está conformado por los componentes oceánicos del ENOS (Oscilación del Sur) que corresponde a la aparición de tiempo en tiempo, de aguas superficiales relativamente más cálidas (El Niño) o más frías (La Niña) (SIAC, 2021). Este fenómeno tiene una gran influencia en las condiciones climáticas de diversas partes del mundo (OMM, 2021), entre ellas la costa Caribe colombiana (SIAC, 2021); y es que debido a la sequía que se presenta en los BSTs, los árboles pierden cobertura vegetal (IAvH, 2021), convirtiéndose en hojarasca, la cual es un componente importante de los ecosistemas forestales que vincula la planta y el suelo (Santa Regina y Tarazona, 2001), permitiendo que la producción de hojarasca fina y su descomposición, representen uno de los más importantes procesos en la dinámica de los nutrientes dentro de los ecosistemas terrestres tropicales. Esto está influenciado por su calidad, su aportación y la tasa de descomposición; además sirve como importante reserva de nutrientes para mantener la fertilidad del suelo y la integridad del ecosistema (Nonghuloo, et al., 2020).

Muchos factores pueden afectar la caída del material vegetal del dosel en los bosques tropicales, algunos están ligados a factores biológicos como la composición y estructura de las especies, densidad del bosque y actividades antropogénicas (Gutiérrez, et al., 2012; Baldizán & Chacón, 1998).

Por ende, el objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de periodo de variabilidad climática anual sobre los aportes de materia orgánica vía hojarasca fina, asimismo, se caracterizaron los aportes de materiales orgánicos vía producción de hojarasca fina durante el periodo de estudio y se estimó la variación de los aportes de hojarasca fina durante la incidencia de los eventos de variabilidad climática de El Niño, La Niña y Neutral; respondiendo a preguntas: ¿Cómo los aportes de materiales orgánicos vía hojarasca fina son afectados por la incidencia de eventos de variabilidad climática en un fragmento de bosque seco urbano de la ciudad de Santa Marta, Colombia?. Además, en este estudio se planteó la siguiente hipótesis: los eventos de variabilidad climática que inciden en la ciudad de Santa Marta generan periodos de sequía que pueden alterar la formación de hojas nuevas en el fragmento de bosque urbano de la Universidad del Magdalena y con ello,

afectar los aportes de hojarasca fina, particularmente disminuyendo sus aportes foliares y alterando sus patrones mensuales.

4. Metodología

Área de estudio

El estudio se realizó en un fragmento urbano ubicado en la Granja Experimental del Campus de la Universidad del Magdalena, Santa Marta, Colombia (Figura 1). Ubicada entre las coordenadas 74º 11' 08.80´´ W -y 11º13'28.98'' N. El clima se caracteriza por una temperatura anual de 27 °C y precipitación anual de 609 mm (Castellanos Barliza et al., 2018). El suelo presenta altos contenidos de materia orgánica, bases intercambiables y pH alcalino (León-Peláez et al., 2021). La vegetación es dominada por especies de la familia Fabaceae, con la dominancia del género *Albizia* y *Machaerium* (Barranco-Pérez et al., 2016). El bosque actualmente se encuentra en un proceso de regeneración natural de más de 14 años de recuperación, después del desarrollo del abandono de las actividades agrícolas y de la intervención ocasional de roza y quema. Estructuralmente, el bosque presenta árboles promedio de 10 m de altura, con área basal de 10,6 m^2 ha^{-1} y una abundancia de 887 árbol ha^{-1} (Tabla 1).

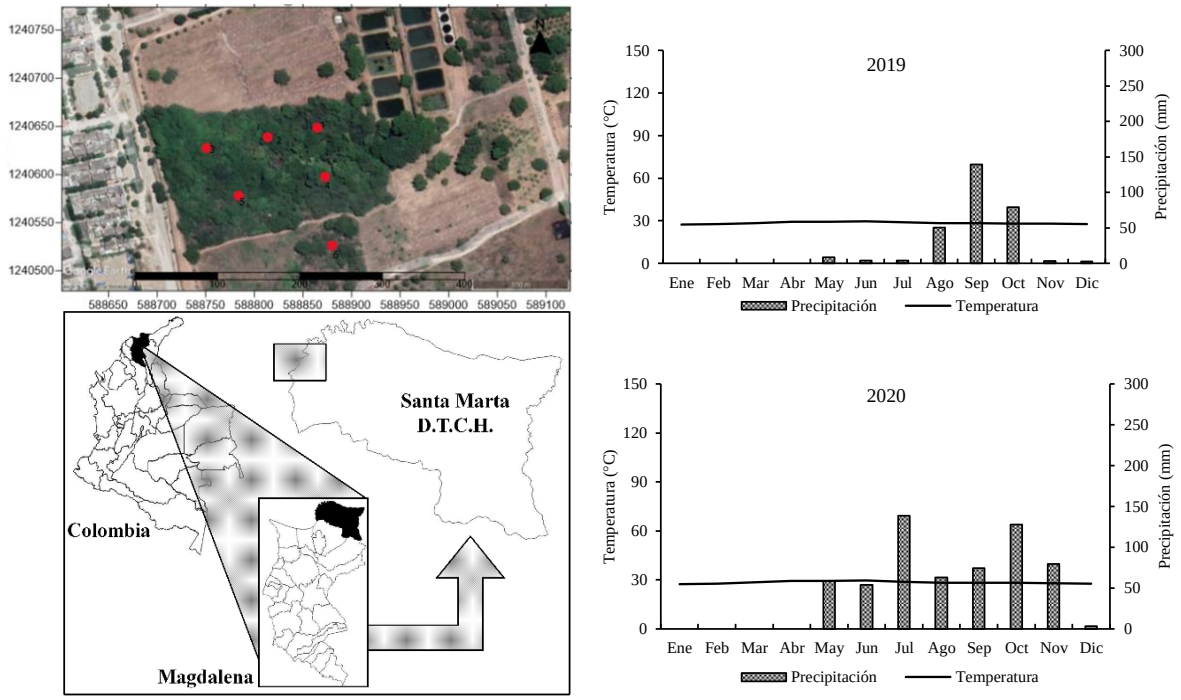


Figura 1. Área de estudio y climadograma que indican la temperatura del aire y la precipitación durante el periodo (2019-2020).

Tabla 1. Características estructurales en un fragmento de bosque seco urbano, Santa Marta, Colombia. Media ± Error estándar.

Parámetros	Parcelas						Total
	1	2	3	4	5	6	
DAP (cm)	15,8±2,97	14,1±4,65	13,9±2,94	21,9±4,92	17,4±2,69	20,2±4,69	17,2
D (árbol ha^{-1})	1000±1,50	920±1,45	920±1,45	1080±1,56	840±1,39	560±1,16	886,7
G (m^2 ha^{-1})	1,1±0,03	2,3±0,03	0,9±0,01	2,4±0,02	2,2±0,02	1.1±0,02	10,6
H (m)	10,2±0,59	9,7±0,68	9,2±0,37	11,5±0,54	12,2±0,62	7.5±0,57	10,0

DAP: Árboles con DAP >2,5 cm; D: densidad; G: área basal; H: altura.

Monitoreo y clasificación de la hojarasca fina

Se instalaron en total de 35 trampas de hojarasca distribuidas en seis parcelas de 250 m^2. Las trampas fueron construidas con aro de alambre forrado con tela de malla fina (poro de 1 mm) con un diámetro de 0,5 m^2, los cuales se ubicaron a un metro del suelo (Castellanos-Barliza et al., 2018). El material de las trampas fue colectado con una frecuencia

mensualmente durante dos años (2019-2020). Posteriormente, llevado al laboratorio 9 de Intropic de la Universidad del Magdalena y separado en las siguientes fracciones: hojarasca foliar, material leñoso, material reproductivo y otros restos. Este material fue sometido al horno a una temperatura de 65 °C, hasta obtener peso seco constante (Castellanos-Barliza & León-Peláez, 2010). Los datos de precipitación fueron obtenidos de las estaciones meteorológicas del Aeropuerto Simón Bolívar y la Terminal de Trasporte en Santa Marta/Magdalena. Por otra parte, para explorar efectos del clima sobre la producción de hojarasca, se determinaron las fases del ENSO durante el periodo de estudio, basándonos en el criterio de clasificación del índice IEM (Índice ENSO Multivariado). Para tal fin, se tomó en cuenta la ocurrencia de valores de índices sucesivos mayores a +0.5, los cuales fueron clasificados como fase “El Niño-Oscilación sur” y menores a -0.5 como fase “La Niña”, y la ocurrencia de valores de índices sucesivos entre +0.5 y -0.5 como fase “Neutral”. Los datos que nos proporcionaron estos índices fueron recolectados en la página la Oficina Nacional de Administración Oceánica del Departamento de Comercio de los Estados Unidos (NOAA), del laboratorio de ciencias físicas del programa MEI.v2.

Análisis de Datos

Para determinar diferencias en la producción de hojarasca fina y fracciones, se realizó una prueba U de Mann-Whitney ($p \leq 0.05$) entre los años de estudio. Asimismo, se calcularon coeficientes de correlación de Spearman para explorar la respuesta de la hojarasca foliar y fracciones a las condiciones climáticas (precipitación) durante el periodo de estudio. Todos los análisis fueron realizados con el programa Statgraphics Centurión XVI.1 (statical graphic corporation, 2002).

5. Resultados

Producción de hojarasca fina

Diferencias significativas fueron observadas en la tasa anual de producción de hojarasca fina entre años (Table 1, p≤ 0,05). En general, mayores tasas de producción entre fracciones fueron registradas en el periodo neutral que en el periodo Niña. La fracción con mayor contribución en la producción de hojarasca fina fue la fracción foliar, la cual mostró su máxima producción en el periodo neutral (5,2 Mg ha^{-1} $año^{-1}$). Por el contrario, las fracciones de otros restos presentaron las menores contribuciones para ambos años, variando en su proporción a lo largo del estudio (7%-10%).

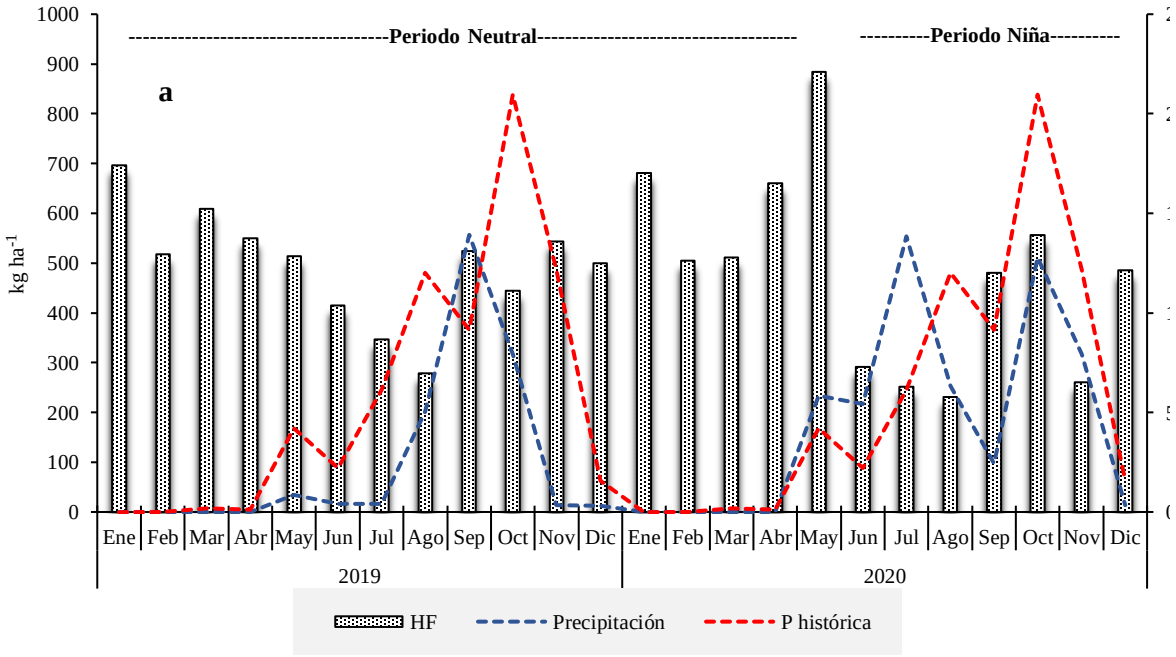
Tabla 2. Tasas anuales de producción de hojarasca fina y sus fracciones (kg ha^{-1}) en un fragmento de bosque *seco* urbano, Santa Marta, Colombia. Media ± Error estándar.

Fracciones	Años	
	Periodo Neutral (2019)	Periodo Niña (2020)
Hojarasca foliar	5218,4 ± 727,2a (31,2)	4509,2 ± 1013,6b (50,3)
Material leñoso	1559,6 ± 263,8a (37,8)	931,3 ± 191,5b (46,0)
Material reproductivo	2391,9 ± 932,6a (87,2)	724,7 ± 118,4b (36,5)
Otros restos	978,5 ± 115,2a (26,3)	450,9 ± 77,3b (38,3)
Hojarasca fina total	10148,5 ± 1283,7b (28,3)	6616,0 ± 1299,5a (43,9)

Valores entre paréntesis representan el coeficiente de variación (%). Letras diferentes indican diferencias significativas para las fracciones entre años (Prueba U de Mann-Whitney, p <0,05).

Patrones estacionales de la hojarasca foliar y su relación con la variabilidad climática

En este estudio, se caracterizaron dos periodos de variabilidad climática, el primero Neutral entre enero de 2019-mayo de 2020 y el segundo Niña entre junio-diciembre de 2020 (Figura 2b). Picos de producción de hojarasca foliar fueron registrados en enero y abril-mayo para el periodo Neutral y en septiembre-octubre y diciembre para el periodo Niña (Figura 2a). Durante el periodo Niña se registraron 140 mm más de lluvia que en el periodo Neutral. Por otra parte, cuando comparamos el registro histórico de la precipitación con los años de estudio, observamos que en el año 2019 y 2020 cayeron 395 mm y 138 mm menos de precipitación respectivamente, con respecto al histórico (Figura 2a).



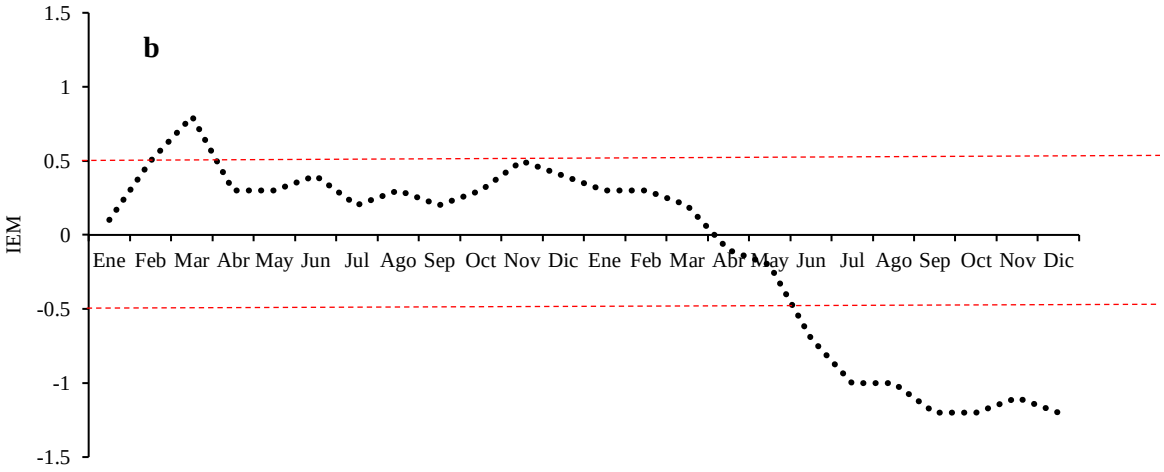


Figura 2. Patrón de producción mensual de hojarasca foliar (a) e Índice ENSO Multivariado (IEM) (b) en un fragmento de bosque seco urbano, Santa Marta, Colombia.

En general, correlaciones significativas fueron observadas entre la producción de hojarasca fina y sus fracciones y la precipitación durante el estudio para el año 2019-Neutral (Tabla 3). En particular, se observaron fuertes asociaciones negativas entre el material leñoso y la hojarasca fina total con la precipitación (-0,75). Por el contrario, no se evidenciaron correlaciones de las fracciones de hojarasca con la precipitación para el año 2020-Niña.

Tabla 3. Correlación de Spearman entre las fracciones de hojarasca fina y la precipitación durante el estudio en un fragmento de bosque seco urbano, Santa Marta, Colombia.

Fracciones	Años	
	2019-Neutral	2020-Niña
Hojarasca foliar	-0,62*	-0,51
Material leñoso	-0,76**	-0,44
Material reproductivo	-0,61*	-0,56
Otros restos	0,38	-0,27
Hojarasca fina total	-0,75**	-0,56

*Significativo a un nivel 0,05; **Significativo a un nivel 0,01

6. Discusión

El presente estudio mostró la importancia de monitorear la producción de hojarasca fina como un proceso ecológico funcional desde el punto de vista de los ecosistemas secos del Caribe colombiano, donde la información es escasa y los factores antropogénicos locales, así como de cambio climático pueden afectar los aportes de materiales orgánicos a corto y largo plazo por esta vía. En consecuencia, esto puede tener fuertes implicaciones en el ciclo de nutrientes que sustenta la productividad primaria neta, el stock de carbono y la fertilidad del suelo en los BST (Williams-Linera et al. 2021; Osborne et al. 2021).

Producción de hojarasca fina

Las tasas de producción de hojarasca fina determinadas en este estudio durante el periodo Niña (6.6 Mg ha^{-1} $año^{-1}$) fueron inferiores a lo registrado por Castellanos-Barliza *et al.* (2018) en este mismo bosque urbano (8.6 Mg ha^{-1} $año^{-1}$). Estas diferencias, son atribuidas a la variabilidad climática imperantes de cada año. Particularmente, durante el periodo 2013-2014 dominaron periodos neutrales (Índice IEM; NOAA, 2021), los cuales es probable que hayan favorecido mayores tasas de producción, asimismo como se registraron en este estudio para el periodo Neutral (Tabla 2). Por otro lado, los aportes de hojarasca fina registrados durante los dos periodos evaluados representaron valores superiores a los registrados por Castellanos-Barliza et al., (2019) en BST de 10-21 años en sucesión natural en La Guajira, Colombia (1,8 - 2,3 Mg ha^{-1} $año^{-1}$). Por lo tanto, estos materiales orgánicos representan importantes aportes que ingresan por esta vía al suelo y con su descomposición, aceleran la dinámica de nutrientes en el sistema y entre otros aspectos, esto resulta en reactivación de los ciclos biogeoquímicos en el suelo (León & Osorio, 2014). Así como, se evidenció en este fragmento de BST urbano (León-Peláez et al., 2021). Por otro lado, las contribuciones de la fracción foliar representaron entre el 51% - 68% de la producción de hojarasca fina total, lo que supone la dominancia en la entrada de estos materiales orgánicos más lábiles y de fácil descomposición en comparación con las otras fracciones. Por consiguiente, esto puede derivar en el mejoramiento de las propiedades fisicoquímicas del suelo y la circulación de nutrientes a través del tiempo (Castellanos Barliza et al., 2018).

Aunque en este estudio los aportes de la otras fracciones fue minoritario representaron

entre el 7 - 14 % del total de la hojarasca fina (Ejemplo: Material leñoso y reproductivo), no se puede despreciar su papel en los ciclos biogeoquímicos y en la permanencia del bosque, ya que representan aportes constantes durante el año como es el caso de los aportes de semillas por esta vía (León-Peláez et al., 2021). Resultados similares han sido observados en otros bosques tropicales (Restrepo *et al.* 2013; Castellanos-Barliza *et al.* 2019).

Patrones estacionales de la hojarasca foliar y su relación con la variabilidad climática

Estudios señalan la respuesta de los procesos biológicos y ecológicos frente a un eventual escenario de cambio climático en los bosques secos tropicales (Allen et al., 2017). Modelos generales del clima predicen cambios sustanciales en los regímenes de precipitación que pueden alterar la duración e intensidad de la estacionalidad en estos ecosistemas (Meir & Pennington, 2011; Trenberth et al., 2014). Así, su efecto puede ser expresado en la disminución de las precipitaciones anuales y en la prolongación de los períodos de sequía o por el contrario, reflejado en altas precipitaciones e inundaciones (Campo et al., 2016; Ramírez-Gil et al., 2020). Los resultados de este estudio muestran claramente el efecto de la Niña en la disminución de los aportes de hojarasca fina durante el segundo año de monitoreo (2020, Figura 2). Así, estas condiciones pueden tener un efecto marcado sobre la permanencia de este ecosistema urbano a través del tiempo y, en la respuesta de las especies vegetales a través de los procesos de foliación y producción de hojarasca y, por consiguiente, en los aportes y circulación de nutrientes en el sistema.

En este estudio, las precipitaciones tuvieron un efecto sobre la estacionalidad en la caída de la hojarasca foliar. Así, el 52% de las entradas de materiales foliares fueron registradas en la estación seca entre enero-abril para el periodo Neutral, estos patrones han sido observados en otros BST (Lopezaraiza-mikel et al., 2014; Morffi-Mestre et al., 2020), en donde se presentan mayores picos de producción después de los meses más lluviosos, en el cuál las temperaturas aumentan y los árboles pierden las hojas para evitar la pérdida de agua por evapotranspiración (Martínez-Yrízar and Sarukhán 1990; Chaturvedi *et al.* 2021). Por otra parte, el 29 % más de lluvia registrada en el periodo Niña redujo los aportes de hojarasca foliar en un 16 %. Patrones similares (correlación negativa) han sido observados por Morffi-Mestre *et al.* (2020) en otros BST (3-25 años de recuperación) en México. Estos autores, señalan que la influencia de pequeñas variaciones en la temperatura, precipitación y otras variables climáticas pueden afectar producción media mensual de hojarasca entre

un año a otro, tal como ocurrió en este estudio para el caso de la precipitación.

7. Conclusión

Los resultados de este estudio muestran claramente el efecto de la variabilidad climática sobre la producción de hojarasca fina y las fuertes implicaciones que esto puede tener a nivel ecosistémico. Particularmente, en las disminuciones de los aportes de materiales orgánicos y nutrientes que ingresan al suelo y en general al sistema, poniendo en riesgo en un futuro la permanencia de este bosque urbano, único en la ciudad de Santa Marta. En este mismo sentido, dichos resultados demuestran que la variabilidad climática y/o el cambio climático, no solo afecta al bienestar humano, sino también, viene transformando los ecosistemas, y en este caso al BST. Por esta razón, es fundamental monitorear indicadores funcionales como los evaluados en este estudio, que revelen entre otros aspectos, no solo el efecto del clima, si no el mejoramiento de la funcionalidad ecosistémica como los niveles de productividad y reactivación de los ciclos biogeoquímicos.

8. Bibliografía

Aguilar Ospino, O. Y., & Castellanos-Barliza, J. (2016). Aportes de materia orgánica vía hojarasca fina en áreas con diferentes edades de rehabilitación en la mina de carbón del Cerrejón, La Guajira, Colombia. pp. 39. Universidad del Magdalena. Santa Marta, Colombia.

Allen, K., Dupuy, J. M., Gei, M. G., Hulshof, C., Medvigy, D., Pizano, C., ... & Powers, J. S. (2017). ¿Los bosques tropicales estacionalmente secos serán sensibles o

resistentes a futuros cambios en los regímenes de lluvias?.

Arcila Cardona, A. M., Valderrama Ardila, C., & Chacón de Ulloa, P. (2012). Estado de fragmentación del bosque seco de la cuenca alta del río Cauca, Colombia. 13(2),28. http://hdl.handle.net/10906/79874.

Barranco-Pérez, W., Castellanos-Barliza, J., García-Quiñones, H., & Yepes-Rapelo, D. (2016). Florula Urban Fragment of Tropical dry Forest. Facultad de Ciencias, 5(1), 141–147.

Bullock, S. H., Mooney, H. A., & Medina, E. (Eds). (1995). Seasonally dry tropical forest. (pp. 1-8). New York: Cambridge University Press.

Cantos, J. O., Gil, A. M., & Amorós, A. M. R. (2000). Diferentes percepciones de la sequía en España: adaptación, catastrofismo e intentos de corrección. *Investigaciones Geográficas (España)*, (23), 5-46.

Castellanos-Barliza, J., Blanco-Rodríguez, O., León Peláez, J. D., & Chávez, L. F. (2019). Planted forests for open coal mine spoils rehabilitation in Colombian drylands: Contributions of fine litterfall through an age chronosequence. Ecological Engineering, 138(January), 180–187. https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2019.07.018

Castellanos-Barliza, J., & León-Peláez, J. D. (2010). Caída de Hojarasca y Dinámica de Nutrientes en Plantaciones de Acacia Mangium (MIMOSACEAE) de Antioquia, Colombia. In Acta Biológica Colombiana (Vol. 15, Issue 2, pp. 289–308). Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias, Departamento de Biología.

Castellanos-Barliza, J., León-Peláez, J. D., Armenta-Martínez, R., Barranco-Pérez, W., & Caicedo-Ruíz, W. (2018). Contributions of organic matter and nutrients via leaf litter in an urban tropical dry forest fragment. Revista de Biologia Tropical, 66(2), 571–585. https://doi.org/10.15517/rbt.v66i2.33381.

Castellanos Barliza, J., León Peláez, J. D., & Campo-Alves, J. (2018). Recovery of biogeochemical processes in restored tropical dry forest on a coal mine spoil in La Guajira, Colombia. Land Degradation and Development, 29(9), 3174–3183.

https://doi.org/10.1002/ldr.3069.

Chaturvedi, R. K., Tripathi, A., Raghubanshi, A. S., & Singh, J. S. (2021). Functional traits indicate a continuum of tree drought strategies across a soil water availability gradient in a tropical dry forest. Forest Ecology and Management, 482(June 2020), 118740. https://doi.org/10.1016/j.foreco.2020.118740.

Dupuy, y Chazdon. (2008). *Interacting effects of canopy gap, understory vegetation and leaf litter on tree seedling recruitment and composition in tropical secondary forests.* Forest Ecology and Management, 255(11), 3716-3725.

García Martínez, S., Banqueth, B., De Jesús, H., Herazo Vitola, F., Mercado Gómez, J. D., & Morales Puentes, M. E. (2016). *Bryophyte diversity in the montes de maría, colosó (Sucre, Colombia)*

Gentry, A. (1982). Patterns of Neotropical plants species diversity. Evolutionary Biology, 15, 1-84.

Gutiérrez, M., Méndez, J., Flórez, C., Ramírez, J. & Gutiérrez, B. (2012). Caída de hojarasca en plantaciones de Pinus greggii Engelm y Pinus cembroides Zucc en Coahuila, México. Revista Fitotecnia Mexicana 35 (2): 123 – 133.

Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt, IAvH (2021). Ocho empresas que le apuestan a salvar al bosque seco tropical en Colombia. Prensa Instituto Humboldt de http://www.humboldt.org.co/en/research/projects/developing-projects/item/158-bosques-secos-tropicales-en-colombia.

Lemos, v. L., & gonzález, a. M. T. (2015). *Estructura y composición vegetal de un bosque seco tropical en regeneración en Bataclán (Cali, Colombia).* Colombia forestal, 18(1), 71-85.

León-Peláez, J. D., Caicedo-ruiz, W., & Castellanos-barliza, J. (2021). *Reactivation of nutrient cycling in an urban tropical dry forest after abandonment of agricultural*

activities. *27*(Apa 6). https://doi.org/10.5154/r.rchscfa.2020.11.068

León, J. D., & Osorio, N. W. (2014). Role of litter turnover in soil quality in tropical degraded lands of Colombia. *The Scientific World Journal*, *2014*. https://doi.org/10.1155/2014/693981

Lopezaraiza-mikel, M., Quesada, M., Álvarez-, M., Ávila-cabadilla, L., Martén-rodríguez, S., Espírito-santo, M. M., Wilson, G., Sánchez-azofeifa, A., Aguilar-, M. D. J., Balvino-olvera, F., Brandão, D., Miguel, J., Correa-santos, J., Cristobal-perez, J., Fernandez, P., Hilje, B., Jacobi, C., Fonseca-, F., Rosas, F., … Vázquez-ramírez, A. (2014). *Phenological Patterns of Tropical Dry Forests along Latitudinal and Successional Gradients in the Neotropics*. 101–128.

Martínez-Yrízar, A., & Sarukhán, J. (1990). Litterfall Patterns in a Tropical Deciduous Forest in Mexico Over a Five-Year Period. *Journal of Tropical Ecology*, *6*(4), 433–444. https://doi.org/10.1017/S0266467400004831.

Meir, P. y Pennington, RT (2011). Cambio climático y bosques tropicales estacionalmente secos. En *Bosques tropicales estacionalmente secos* (págs. 279-299). Island Press, Washington, DC.

Millennium Ecosystem Assessment. (2005). Ecosystems and human well-being: Wetlands and water synthesis: a report of the Millennium Ecosystem Assessment. World Resources Institute.

Morffi-Mestre, H., Ángeles-Pérez, G., Powers, J. S., Andrade, J. L., Ruiz, A. H. H., May-Pat, F., Chi-May, F., & Dupuy, J. M. (2020). Multiple factors influence seasonal and interannual litterfall production in a tropical dry forest in mexico. *Forests*, *11*(12), 1–23. https://doi.org/10.3390/f11121241

NOAA, (2021). Physical Sciences Laboratory (https://psl.noaa.gov/enso/mei/ consultado 30/10/21).

Nonghuloo, I. M., Kharbhih, S., Suchiang, B. R., Adhikari, D., Upadhaya, K., & Barik, S. K. (2020). Production, decomposition and nutrient contents of litter in subtropical

broadleaved forest surpass those in coniferous forest, Meghalaya. Tropical Ecology, 61(1), 5-12. https://doi.org/10.1007/s42965-020-00065-x

Organización Meteorológica Mundial, OMM. (2021). El Niño/La Niña Hoy. Tiempo, Clima, Agua. https://public.wmo.int/es/el-ni%C3%B1ola-ni%C3%B1a-hoy

Pizano, C., & García, H. (Ed). (2014). El Bosque Seco Tropical en Colombia. Instituto de Investigaciones de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAVH). Bogotá, D.C., Colombia.

Ramírez-Gil, J. G., Henao-Rojas, J. C., & Morales-Osorio, J. G. (2020). Mitigation of the adverse effects of the El Niño (El Niño, La Niña) southern oscillation (ENSO) phenomenon and the most important diseases in avocado cv. Hass crops. Plants, 9(6), 790.

Restrepo, M. F., Florez, C. P., Osorio, N. W., & León, J. D. (2013). Passive and Active Restoration Strategies to Activate Soil Biogeochemical Nutrient Cycles in a Degraded Tropical Dry Land. ISRN Soil Science, 2013, 1–6. https://doi.org/10.1155/2013/461984.

Santa Regina, I. Tarazona, T. (2001). Nutrient cycling in a natural beech forest and adjacent planted pine in northern Spain. Forestry 74:11–28 PDF 740011

Sistema de Información Ambienta de Colombia, SIAC. (2021). Fenómeno del Niño y la Niña. Clima. http://www.siac.gov.co/ninoynina.

Trenberth, KE, Dai, A., Van Der Schrier, G., Jones, PD, Barichivich, J., Briffa, KR y Sheffield, J. (2014). Calentamiento global y cambios en la sequía. *Nature Climate Change* , *4* (1), 17-22.

Vargas-Parra, L., & Varela, A. (2007). Producción de hojarasca de un bosque de niebla en la Reserva Natural La Planada, Nariño, Colombia. Revista Facultad de Ciencias. Vol. 12, 35-49.

Williams-Linera, G., Bonilla-Moheno, M., López-Barrera, F. y Tolome, J. (2021). La basura, la estructura de la vegetación y la composición de los árboles como indicadores de recuperación funcional en la restauración pasiva y activa de los bosques nubosos tropicales. *Ecología y ordenación forestal* , *493* , 119260.