

**CAÍDA DE LA HOJARASCA FINA EN UNA SINECIA SUCESIONAL DEL BOSQUE
SECO EN LA CUENCA DEL RÍO PAMPLONITA, COLOMBIA**

LIVIS DEL CARMEN CUDRIS PACHECO

1094249057

**UNIVERSIDAD DE PAMPLONA
FACULTAD DE CIENCIAS BÁSICAS
DEPARTAMENTO DE BIOLOGÍA**

2017

**CAÍDA DE LA HOJARASCA FINA EN UNA SINECIA SUCESIONAL DEL BOSQUE
SECO EN LA CUENCA DEL RÍO PAMPLONITA, COLOMBIA**

Autora

LIVIS DEL CARMEN CUDRIS PACHECO

1094249057

Directora

MARTHA PATRICIA OCHOA REYES

Bióloga Esp. Docencia Universitaria.

MSc Enseñanza de las Ciencias Naturales

Grupo de Investigación en Recursos Naturales

Universidad de Pamplona

Codirector

MIGUEL ANTONIO MURCIA RODRÍGUEZ

Biólogo MSc. Ecología, Dr. Sci. Ecología

Grupo de Investigación en Recursos Naturales

Universidad de Pamplona.

Universidad de Pamplona

Facultad de Ciencias Básicas

Departamento de Biología

2017

**TRABAJO DE GRADO PRESENTADO PARA
OPTAR POR EL TÍTULO DE BIÓLOGA**

**UNIVERSIDAD DE PAMPLONA
NORTE DE SANTANDER, COLOMBIA**

Dedicado con todo mi amor y mi cariño a mis padres Julio Cudris Martínez- y Berta Pacheco Libernal quienes me apoyaron todo el tiempo tanto emocional como económicamente, quienes hicieron todo para que yo pudiera lograr mis sueños.

A mis hermanos Daniela Cudris Pacheco y Jhonatan Cudris Pacheco (q.e.p.d) quienes siempre me brindaron su apoyo incondicional.

A toda mi familia por brindarme su apoyo -y por la confianza que me dieron.

A los docentes por sus grandes enseñanzas.

AGRADECIMIENTOS

A mi directora MSc Martha Patricia Ochoa Reyes y codirector de tesis Dr. Sci. Miguel Antonio Murcia Rodríguez por su paciencia, por ser mis guías y apoyo constante en la realización de este trabajo.

Al— MSc Luis Roberto Sánchez Montaña por todas sus asesorías brindadas y aporte en conocimientos.

Al Sr. José Daniel Mora dueño de la finca por permitirme estudiar el bosque seco en esa zona.

Al Herbario Regional Catatumbo Sarare (HECASA) de la Universidad de Pamplona por su apoyo logístico.

A las auxiliares del laboratorio de Control y Calidad de la Universidad de Pamplona por tener siempre la disposición de facilitarme los laboratorios y la balanza analítica.

A Carlos Villamizar Moreno por su apoyo incondicional.

A las Familias Villamizar Moreno y Rozo Díaz por su apoyo incondicional el tiempo que estuve en Pamplona.

Al Biólogo -Carlos Mario Galván por la asesoría- brindada y por la colaboración logística.

A los -Biólogos -Karen García, Yesid Díaz por su apoyo en las salidas de campo y por acompañarme en esta trayectoria de aprendizaje y conocimientos.

A mis amigas Leticia Ruiz, Lila Bolívar y Marelys Vizcaíno- por sus consejos.

CONTENIDO

RESUMEN.....	10
1. INTRODUCCIÓN.....	11
1.1 Justificación.....	11
1.2 Marco referencial.....	13
1.2.1 Marco teórico.....	13
1.2.2 Marco referencial.....	15
2. OBJETIVOS.....	18
2.1. Objetivo general.....	18
2.2. Objetivos específicos.....	18
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	19
3.1. Área de estudio.....	19
3.1. Tiempo y duración de muestreo.....	21
3.2. Etapa de campo.....	21
3.3. Etapa de laboratorio.....	21
3.4. Datos.....	22
3.5. Análisis estadístico.....	22
4. RESULTADOS.....	23
4.1. Sinecia.....	23
4.2. Compartimientos.....	26
4.3. Especies.....	34
5. DISCUSIÓN.....	42
6. CONCLUSIONES.....	45
7. RECOMENDACIONES.....	46
8. BIBLIOGRAFÍA.....	47

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de ubicación del Área de estudio en el bosque seco (tomado de Google Earth 2016 y editado en Paint).

Figura 2: (a) Ubicación de uno de los colectores (19); en la figura 2 (b) hojarasca recolectada en la bolsa plástica debidamente rotulada (8 mes), en la sinecia sucesional del bosque seco ubicado en el sector de la quebrada Canoas-Zarzana perteneciente al corregimiento San Pedro-El Pórtico en el extremo sur del municipio de Cúcuta, Norte de Santander, Colombia.

Figura 3. Caída de hojarasca fina (g/colector) a lo largo del año: a. media de los 20 colectores con error típico, b. todos los 20 colectores, c. acumulada en cada colector y d. media con error típico por colector.

Figura (4) Caída de hojarasca fina acumulada en el tiempo según: a. regresión lineal y b. modelos mixtos.

Figura 5. Comportamiento de la producción mensual en una sinecia sucesional del bosque seco de: (a) hojas, (b) ramas y (c) detritus.

Figura 6. Estimación de la producción acumulada de los compartimientos: (a) hojas, (b) ramas y (c) detritus con el modelo clásico y con el modelo lineal mixto (d) hojas, (e) ramas y (f) detritus en una sinecia sucesional del bosque seco.

Figura 7. Caída de hojarasca (g/col) en relación con la humedad relativa (%).

Figura 8. Relación entre la caída de hojarasca: (a) mensual, (b) por colector y su contenido porcentual de humedad en una sucesión del bosque seco.

Figura 9. Comportamiento de la producción foliar en g/col de (a) *Myrcia* sp. 1, (b) *Myrcia fallax*, (c) *Amphilophium* sp, (d) *Astronium graveolens*, (e) *Cynophalla flexuosa*, (f) *Petrea rugosa*, (g) *Machaerium arboreum*.

Figura 10. Aporte de información de las especies en sus componentes horizontales y verticales: (a) 1 y 2, (b) 3 y 4, y (c) 5 y 6.

Figura 11. Relación de la tendencia logarítmica del DAP y la altura entre los individuos de las parcelas (a) 1, (b) 2 y (c) 3.

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Caída mensual de hojarasca fina en la sinécia sucesional del bosque seco, en g/col. Tukey HSD (N=20).

Tabla 2. Caída mensual de hojas en la sinécia sucesional del bosque seco, en g/col. Tukey HSD (N=20).

Tabla 3. Caída mensual de detritus en la sinécia sucesional del bosque seco, en g/col. Tukey HSD (N=20).

Tabla 4. Caída mensual de ramas en la sinécia sucesional del bosque seco, en g/col. Tukey HSD (N=20).

Tabla 5. Aportes de los compartimientos.

Tabla 6. Productividad total ($\text{g/m}^2 \cdot \text{año}$) de las eudicotiledóneas del rastrojo medio del Bs-T (en el sector de la quebrada Canoas-Zarzana perteneciente al corregimiento San Pedro-El Pórtico en el extremo sur del municipio de Cúcuta, Norte de Santander, Colombia)

Tabla 7. Productividad primaria sucesional (PPS) ($\text{g/m}^2 \cdot \text{año}$) y razón de cambio ($\text{g/m}^2 \cdot \text{día}$) inferiores (a), medios (b) y superiores (c) en el orobioma altoandino, Subandino y el zorobioma tropical de la cordillera oriental de Colombia.

Tabla 8. Estimación del intervalo de confianza (95%) de la producción anual de la hojarasca fina y sus componentes por colector y por m^2 en la sinécia sucesional del bosque seco.

RESUMEN

Se estudió la caída de la hojarasca fina (CHF) en un bosque seco de la cuenca del río Pamplonita, Colombia. La hojarasca caída se recolectó 12 veces entre el 20 de abril de 2013 y el 29 de marzo de 2014 con 20 colectores de 50 cm de diámetro y 0,2 m² de área, en bolsas plásticas debidamente rotuladas con fecha y número del colector; después se separó por compartimiento (hojas, ramas, frutos, líquenes, detritus); y se pesó en fresco y seco. Las hojas se determinaron hasta especie en el Herbario Regional Catatumbo-Sarare (HECASA) de la Universidad de Pamplona, y el Herbario Nacional Colombiano (COL): mediante <http://www.biovirtual.unal.edu.co>. Se realizaron análisis de correlación, varianza (Anova) y componentes principales (ACP) para establecer cuáles componentes de la hojarasca y especies son modelables, dominantes e inerciales. La CHF ($p < 0,05$) fue máxima en febrero con 56,7 g/col y mínima en septiembre con 7 g /col, y la acumulada en el tiempo (CHFA: g/m².mes tuvo una tendencia lineal: $y = 0,7238x + 3,3893$ ($R^2 = 0,9176$), con la cual se estimó la producción primaria en 1.337,88 g/m².año. Veintiuna especies, mayormente, *Machaerium arboreum*, *Myrcia* sp. 1, *Myrcia fallax*, *Amphilophilium* sp, *Casearia corymbosa* y *Handroanthus ochraceus*; produjeron 995,92 g/m².año de hojas y 160,88 g/m².año de ramas. La caída de hojarasca es inversamente proporcional a la humedad relativa.

1. INTRODUCCIÓN.

1.1 JUSTIFICACIÓN

El bosque seco tropical (Bs-T) es un bioma que sufre alto grado de amenaza por una tendencia histórica de transformación y degradación larga, rápida, continua y persistente en el Neotrópico y específicamente en Colombia: presiones como la minería, el desarrollo urbano y el turismo (Portillo-Quintero & Sánchez-Azofeifa 2010) se suman a la agricultura y la ganadería, y lo reducen por completo a fragmentos inconexos en estados sucesionales intermedios debido a la entresaca y rodeados por matrices transformadas (Miles *et al.* 2006, Portillo-Quintero & Sánchez-Azofeifa 2010), cuya biodiversidad asociada se pone en grave riesgo, al igual que los procesos ecológicos que aseguran su funcionamiento y los servicios de captura de carbono, ciclaje de nutrientes, protección al suelo de la erosión, regulación de agua, polinización, control biológico de plagas y provisión de alimentos y madera (Maass *et al.* 2005, Portillo-Quintero & Sánchez-Azofeifa 2010).

Tales procesos y servicios ecológicos han sido muy poco estudiados, y, por ende, se desconocen características y componentes, particularmente en Colombia donde la investigación es incipiente (Pennington 2012) comparada con la de selvas húmedas y páramos; así mismo, en América Latina y el Caribe la deforestación se analiza en las zonas de bosques húmedos tropicales y subtropicales, pese a que las pérdidas puedan ser iguales o mayores en los secos; además, las estrategias de conservación son sumamente deficientes: Arango *et al.* (2003) estimaron que sólo 3 % de los bosques secos del país, los relictos mejor conservados, están en áreas protegidas de la ecorregión del Caribe; por su parte, los de Norte de Santander han sido pocos explorados y la

información existente se restringe a documentos inéditos (García 2014); Carrillo (2006) registra alto número de especies una sola vez y transectos muy heterogéneos entre sí con un muestreo escaso que recomienda ampliar a todo el gradiente altitudinal incluyendo especies de hábito herbáceo, epífita, y propone determinar ecológicamente el efecto antrópico sobre la flora, ver el tipo de bosques que se ubican en otros flancos del Cerro y plantear medidas de protección adecuadas para este ecosistema tan importante en el departamento de Norte de Santander.

Este trabajo, pionero en el bosque seco tropical de la cuenca baja del río Pamplonita (en los predios de la familia Mora ubicados en la finca Carrillo, en el sector de la quebrada Canoas-Zarzana perteneciente al corregimiento San Pedro-El Pórtico en el extremo sur del municipio de Cúcuta, Norte de Santander, Colombia) y producto de la iniciativa del Grupo de Investigación en Recursos Naturales de la Universidad de Pamplona, registrado por Colciencias con el código COL0010234 y con categoría B, desarrollada por los profesores Miguel Antonio Murcia Rodríguez y Martha Patricia Ochoa Reyes para estudiar la productividad primaria neta en todo el gradiente altitudinal de la cuenca en relación con la riqueza y abundancia de las especies más las características del suelo en función de rehabilitación y restauración ecológica, se propone entender si la caída de hojarasca se comporta de modo estacional en la sucesión del bosque seco en la cuenca del río Pamplonita, o sea, es afectada por factores climáticos como la precipitación o la humedad relativa.

1.2 MARCO REFERENCIAL

1.2.1 Marco teórico

El bosque seco tropical (Bs-T) es un bioma complejo de definir en tanto asimila ecosistemas por una fisionomía y vegetación (Hernández 1992, Toro 2004) escasa o carente de epífitas y de hierbas en el sotobosque (IAVH 1995, Gentry 1995), cuya estructura y composición florística ha sido caracterizada en función de estudios de impacto ambiental, planes de manejo y ecología del paisaje (García 2014), que comparten gradientes altitudinales y climáticos con bosques húmedos, sabanas y desiertos (Miles *et al.* 2006), y hoy tiene 1,5 % de su cobertura original en la región Caribe y los valles interandinos de los ríos Cauca y Magdalena (Etter 1993) en áreas de intenso uso agropecuario en Colombia (Álvarez *et al.* 1998).

El Bs-T se caracteriza por el contraste entre los meses lluviosos y los de sequía con menos de 100 mm de precipitación (Gentry 1995, Pennington *et al.* 2009, Dirzo *et al.* 2011), dicha estacionalidad limita la productividad primaria y la biodiversidad de plantas, las cuales son menos altas en este bioma que en bosques tropicales más húmedos (Pennington *et al.* 2000). Al mismo tiempo, esta estacionalidad ha resultado en una serie de adaptaciones morfológicas, fisiológicas, y de comportamiento de plantas, animales, hongos, y organismos del suelo, que determina los procesos ecosistémicos de estos bosques (productividad y ciclaje de agua, nutrientes y carbono) (Pennington *et al.* 2009, Dirzo *et al.* 2011); como la caducidad foliar por la que las plantas pierden las hojas en la sequía pero las mantienen cuando hay lluvia (Dirzo *et al.* 2011), o la sincronía de la floración y fructificación con una u otra estación, o la presencia de

espinas (Pennington et al. 2000), o que la radiación solar penetre hasta el sotobosque y seque la hojarasca al punto de no dejarla descomponerse (Pennington *et al.* 2000).

La hojarasca fina son las hojas, plantas epífitas, flores, frutos, semillas y partes lignificadas (ramitas no mayores de 1 cm de diámetro, corteza, etc.) que caen al suelo (Vitousek 1984) pero sin depender de las variaciones meteorológicas (Murcia 2010, Díaz 2014), y se acumulan como un mantillo que reduce la evaporación y aumenta el depósito de compuestos orgánicos del suelo (Murcia 2010, Díaz 2014) manteniéndole su fertilidad al transferirle energía y nutrientes por su descomposición, fundamental para mantener la productividad, el mismo ciclado de nutrientes, la nutrición, crecimiento, producción, fenología y tasas de renovación de biomasa y nutrientes de los bosques; de ahí la importancia de cuantificar su producción y naturaleza para comprender los bosques y el ciclaje de nutrientes (Prusinkiewicz & Bigos 1978, Ballard & Will 1981, Ramírez *et al.* 2007).

La productividad primaria neta (PPN) de una biocenosis es la tasa a la que los autótrofos –en este caso, las plantas verdes- almacenan la energía por unidad de tiempo en compuestos orgánicos susceptibles de ser utilizados como alimento (producción primaria neta en unidades de masa por unidad de área), pero que no son consumidos por los heterótrofos ni en la respiración biocenótica e incrementan la fitomasa; en otras palabras, la PPN es la energía fijada en la fotosíntesis menos la energía catalítica (respirada y fermentada); mientras que la productividad primaria bruta (PPB) es la velocidad total de la fotosíntesis que encierra la materia orgánica utilizada en la respiración (Odum 1984, Margalef 1995, Galván 2013). Estimar con precisión la PPN, en tanto componente importante en los depósitos y flujos del ciclo del carbono (Prince & Zheng 2006), es muy complejo, pero fundamental para entender cuánta biomasa almacenan los ecosistemas por sí

mismos y como reservorios o sumideros de carbono del incremento de CO₂ atmosférico (Granados & Córner 2006, Díaz 2014).

1.2.2 Marco Referencial

El bosque seco tropical (BST) es considerado uno de los ecosistemas más amenazados del mundo, sin embargo es también uno de los menos estudiados. Colombia es un país privilegiado para estudiar el BST, ya que en nuestro país este ecosistema existe en seis regiones biogeográficas diferentes: el valle del río Patía en el sur del valle geográfico del Cauca, el valle del río Cauca, el alto y medio valle del río Magdalena, Santander y Norte de Santander, la costa Caribe, y la Orinoquía. Esto quiere decir que a pesar de que el BST comparte características similares como una fuerte estacionalidad de lluvias en estas seis regiones, los suelos y la estacionalidad climática varían, y como consecuencia su composición vegetal, animal, fungal y microbiana. Adicionalmente en Colombia se unen elementos biológicos del BST del Caribe y México en el norte, como del BST de Ecuador, Brasil y Bolivia en el sur, lo cual indica una biogeografía muy interesante.

El estado de conocimiento en el que se encuentra el bosque seco en Colombia, y más el bosque seco de Norte de Santander es muy pobre ya que en Colombia no existen datos recientes acerca de la cobertura real de este ecosistema. Etter (1993) estima que la cobertura del bosque seco del país es del 1,5 % de su cobertura original. Dicho remanente estaría presente en áreas de intenso uso agropecuario, como es el caso de la región Caribe y los valles interandinos (Cauca y Magdalena) (Álvarez *et al.* 1998). La mayoría de estudios se han enfocado en el desarrollo de

inventarios florísticos (Devia & González 1995, Mendoza 1999, García. 2014); a diferencia de la productividad primaria neta que ha sido muy poco estudiada.

Se tiene reporte de los trabajos de Zapata et al. (2007) Sobre producción de hojarasca fina en bosques altoandinos de Antioquia, concluyeron que: de los tres ecosistemas estudiados, la plantación de *Pinus patula* fue la que mostró una mayor producción de hojarasca fina (8,4 Mg ha⁻¹ año⁻¹), seguida por el ecosistema natural de roble (7,9 Mg ha⁻¹ año⁻¹) y finalmente por la plantación de ciprés (3,7 Mg ha⁻¹ año⁻¹). Estos valores corresponden con los reportados para bosques montanos de los trópicos, caso de los ecosistemas de roble y *pino pátula*, a diferencia del ecosistema de ciprés donde se registraron producciones similares a las reportadas para bosques templados de coníferas, también que la caída de hojarasca no siguió un patrón similar entre los tres ecosistemas estudiados, ni tampoco mostró correlación con las variables del medio físico que comúnmente gobiernan dicho proceso fenológico. La alta capacidad de retención de humedad que caracteriza a los suelos derivados de ceniza volcánica, distorsiona el efecto que tienen los períodos de menor precipitación sobre la disponibilidad hídrica en el suelo, viéndose alterado el patrón característico de picos de defoliación en tales períodos, dada la disponibilidad de agua para las plantas durante todo el año; Murcia (2010) sobre productividad primaria neta del bosque alto andino en la cuenca del río Pamplonita en Norte de Santander, concluye que el aporte de hojarasca en las diferentes comunidades sucesionales del bosque altoandino ha hecho que las tasas de respiración diurnas disminuyan y las nocturnas aumenten configurando una tendencia sucesional funcional, la cual explica que las etapas sucesionales más críticas que requieren de una intervención deliberada son el Matorral y el Rastrojo. La sincronización no lineal de la CHT en particular con la temperatura podría acelerar significativamente las tasas de ciclado de nutrientes y así su desarrollo sucesional, tras el aporte inicial de materia orgánica

(frutos y semillas) y nutrientes vía hojas, seguido por el autorraleo que reduce el dosel más el de nutrientes vía liquénica, particularmente los asociados a cianobacterias; y el final de los detritus fragmentados o descompuestos por aumento de las tasas de evaporación. La humedad relativa y la temperatura máxima del aire en la noche y el recorrido del viento diurno tuvieron mayor efecto sobre el flujo de CO_2 en la superficie del suelo debido particularmente a la baja cobertura vegetal en el Pastizal. Las tasas de respiración del suelo estimadas en este estudio son relativamente bajas pero más continuas a lo largo del año que las de otros ecosistemas en los cuales las bajas temperaturas son el principal factor de regulación del crecimiento vegetativo y, por ende, de la respiración radicular y microbiana. Los bosques primarios son los que menos aportan CO_2 edáfico y más conservan carbono en su biomasa y necromasa, junto con las grandes cantidades de carbono que quedan relativamente atrapadas en la hojarasca, el mantillo y humus. La respiración edáfica sucesional del bosque altoandino sugiere conservar grandes aéreas de bosques maduros y propiciar su desarrollo hasta lograr el estado de mayor complejidad climática para contrarrestar el efecto del cambio climático global por emisiones de carbono. Una manera de saber si las estrategias de restauración han sido efectivas sería evaluar el incremento de la relación caída de hojarasca versus el aumento de sus tasas respiratorias edáficas; Caicedo & Martínez (2012) sobre dinámica de la producción de hojarasca fina en una comunidad sucesional de bosque maduro tardío en la cuenca alta del río Pamplonita, consideran que la producción de hojarasca de este BMT es más endógena que exógena, como corresponde a su estadio sucesional, en el sentido de que los cambios no pueden ser atribuidos confiablemente a agentes meteorológicos que sí varían con cierta regularidad a lo largo del año, si se considera su comportamiento medio mensual multianual.; Díaz (2014) sobre aceleración de la caída de hojarasca de un bosque maduro en la cuenca alta del río Pamplonita, Colombia; concluye que la

aceleración es una propiedad de la producción de la especie de mayor variabilidad, mientras que la desaceleración tiene una relación con las especies de poca variación. Pero también la desaceleración es un indicador de estado de homogenización y conservación del bosque altoandino. Estos estudios se realizaron en el bioma altoandino, para el bioma subandino Galván (2013) realizó el estudio sobre dinámica de la caída de hojarasca fina en un matorral subandino, en la cuenca del río Pamplonita, Colombia; concluyendo que la tendencia del comportamiento anual de la producción de hojarasca fina acumulada, en las fases sucesionales arbustivas de los orobiomas de bosque subandino y altoandino, en la cuenca del río Pamplonita, son similares. Sin embargo, difieren en la variabilidad de su dinámica productiva en el ámbito mensual y espacial: el subandino produce 1,72 veces más que el altoandino y es más constante con una riqueza de especies 4,1 veces mayor.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

- Estimar la producción de la hojarasca fina en una sucesión del bosque seco en la cuenca baja del río Pamplonita, Colombia.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar si el comportamiento de la caída de hojarasca fina, en una sucesión del bosque seco en la cuenca baja del río Pamplonita, es estacional.
- Establecer cuáles son las especies con mayor producción de hojarasca foliar.
- Relacionar las oscilaciones de la caída de hojarasca fina media mensual con las fluctuaciones de su contenido de humedad porcentual en una sucesión de bosque seco en la cuenca baja del río Pamplonita.

3 MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Área de estudio

Se estudió una sucesión sinecial en el rastrojo medio del bosque seco xerófila de árboles fuertes, bajos, entrelazados, de crecimiento lento y hojas gruesas de un bosque seco de la cuenca baja del río Pamplonita, temperatura media de 26 a 30°C, precipitación anual de 1.200 mm, a 7° 44' 49,5" N y 72° 34' 9,9" O; entre 678 y 700 msnm, en los predios de la familia Mora ubicados en la finca Carrillo, en el sector de la quebrada Canoas-Zarzana perteneciente al corregimiento San Pedro-El Pórtico en el extremo sur del municipio de Cúcuta, Norte de Santander, Colombia.

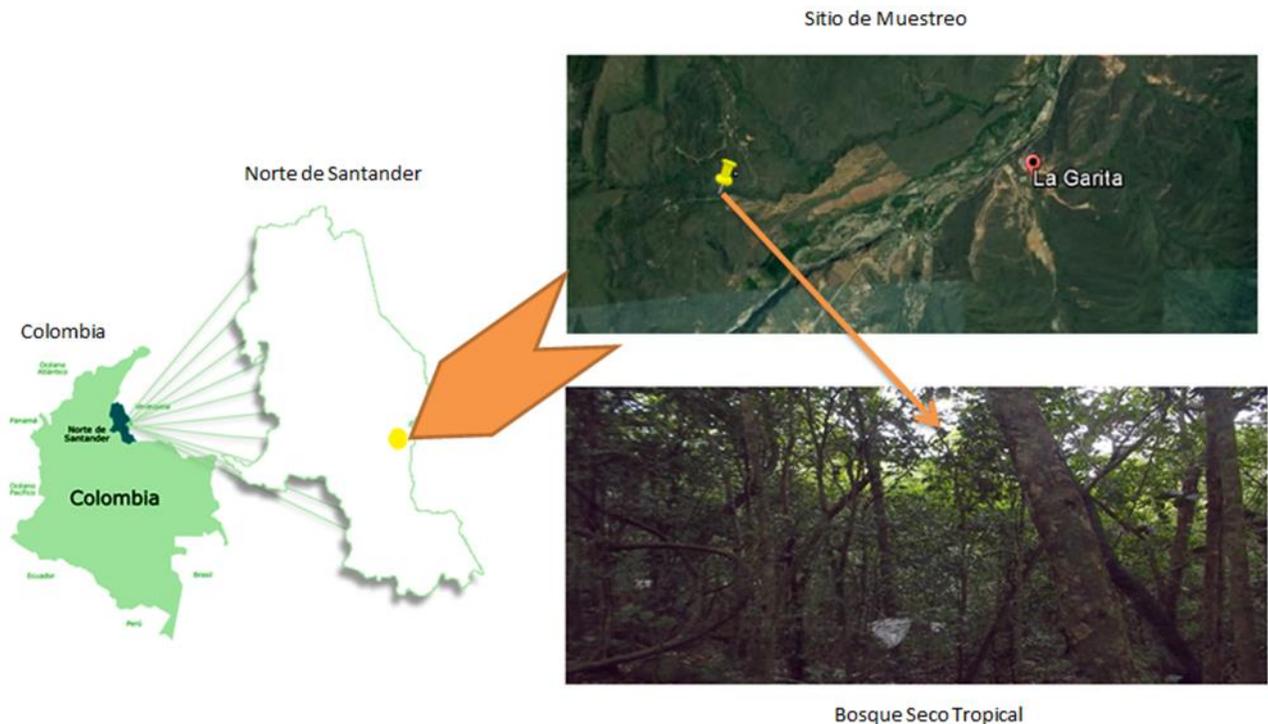


Figura. 1. Área de estudio en el bosque seco (tomado de Google Earth 2016 y editado en Paint).

3.2 Tiempo y duración de muestreo

El estudio se llevó a cabo entre marzo de 2013 y marzo de 2014: el primer muestreo se realizó el 20 de abril del 2013 y culminó el 29 de marzo de 2014 para un total de 12 meses. Las salidas de campo tuvieron duración de un día.

3.3 Etapa de campo

La caída de la hojarasca fina se evaluó de acuerdo con lo propuesto por Murcia (2010), Caicedo & Martínez (2012), Galván (2013) y Díaz (2014), la cual consistió en ubicar aleatoria y sistemáticamente, veinte de colectores de hojarasca a lo largo de un transecto de (20 x 100) m², paralelo a la pendiente de la sinecia sucesional del bosque seco en la cuenca baja del río pamplonita. Los colectores fueron construidos con lonas plásticas dobles, alambre dulce con diámetro de 50 cm y una profundidad de 50 cm, instalados a 60 cm del suelo y a una distancia aproximadamente de 10 m entre sí, ubicados de manera sistemática en forma de L, según la distribución de la sinecia en el gradiente altitudinal. El material vegetal caído y acumulado en los colectores fue recogido mensualmente en bolsas plásticas debidamente rotuladas con la fecha y el número del colector (figura 2 a y b).



Figura 2: (a) Ubicación del colector 7, (b) hojarasca sin recoger en el colector 7.

3.4 Etapa de laboratorio.

El material colectado se separó en hojas, ramas y detritus, y las hojas, a su vez, por morfoespecie, para su determinación taxonómica mediante comparación con los exicados de referencia del herbario regional Catatumbo-Sarare HECASA y con ejemplares virtuales de herbarios que cuentan con sistemas en línea como: Instituto de Ciencia Naturales (ICN) disponible en: <http://www.biovirtual.unal.edu.co>. Las muestras se guardaron en bolsas de papel, teniendo en cuenta el tamaño de la muestra, se etiquetaron según el número del colector y fecha de recolección de cada muestra. La hojarasca fina se pesó en húmedo por colector, mientras que los componentes se pesaron en seco, las hojas específicamente por morfoespecie, una vez horneadas 48 horas a 60°C. Este proceso se realizó con una balanza analítica con precisión de 1 dmg.

3.5 Análisis estadístico

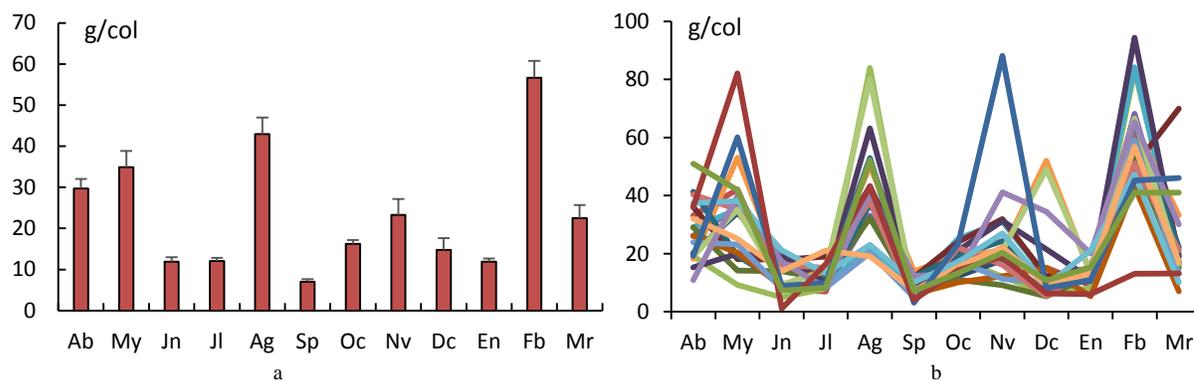
Por medio de la acumulación de la caída de hojarasca en el tiempo, se determinó la velocidad de la producción de la hojarasca fina o razón de cambio (RC), y mediante la aplicación de diferentes modelos de regresión se estableció la tendencia general o modelación lineal (Hernández & Murcia 1995, Murcia 2010, Galván 2013 & Díaz 2014). Se analizó el efecto mixto del tiempo y el colector para reducir la heteroscedasticidad de la regresión (Zea *et al.* 2014). Los registros de la caída de hojarasca por componente foliar y por periodo de muestreo, se estudiaron a través de un análisis de componentes principales (ACP) para determinar la inercia o peso de las especies en el ámbito de la sinecia sucesional de bosque seco. Se realizaron análisis de varianza univariado (Anova) para comparar la importancia de los aportes del material foliar de las especies comparándolo con los resultados del ACP. Para conocer la homogeneidad de la producción de hojarasca fina por meses se realizaron pruebas de Tukey. Los análisis estadísticos de la caída de hojarasca fina se realizaron con el programa SPSS versión 24 (2016) y los ACP con PAST 3,14 (2016).

4 RESULTADOS

4.1 Sinecia

Luego de los 12 meses de muestreo se obtuvieron 1.337,88 en $\text{g/m}^2 \cdot \text{año}$ de hojarasca fina, de ellos febrero, agosto, mayo y abril ostentaron mayor producción, seguidos por, marzo, noviembre, octubre, diciembre, enero, junio, julio y septiembre que fue el mes con menor producción de hojarasca (figura 3a).

Los meses con mayor producción de hojarasca por colector fueron: febrero para el colector número 9, seguido de noviembre en el colector número 18, agosto para el colector número 2 y mayo para el colector número 19; el mes con menor producción fue junio en el colector número 19 (figura 3b). Los colectores que más ostentaron producción de hojarasca fina fueron los números 18, 5,7 y 14; estos colectores estuvieron en un rango desde 28 a 31 g, y los de menor producción fueron los colectores número: 8, 11 y 12 con un rango de 17g (figura 3c); En la trayectoria de la producción de hojarasca se mantuvieron estables algunos colectores al pasar los días, solo tres colectores presentaron más producción (figura 3d).



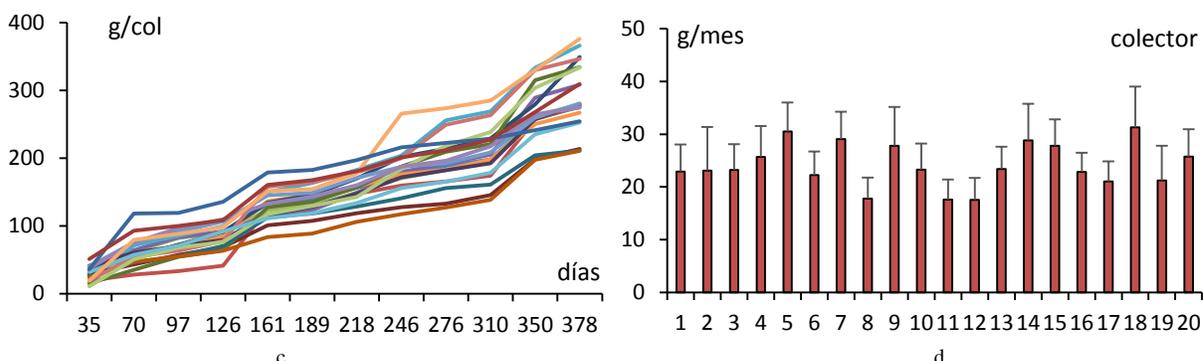


Figura 3. Caída de hojarasca fina (g/colector) a lo largo del año: a. media de los 20 colectores con error típico, b. todos los 20 colectores, c. acumulada en cada colector y d. media con error típico por colector (x).

Subconjuntos homogéneos

El mes de mayor producción de hojarasca fue febrero, el segundo fue agosto, seguido de mayo (tabla 1), estos con el resto de meses en el tiempo se organizan en cinco subconjuntos en g/col (tabla 1). Originado por las hojas que son el compartimiento con mayor producción, ordenada en seis subconjuntos (tabla 2) aportando la suficiente información para distribuir la hojarasca fina en varios subconjuntos, en cambio las ramas fueron las que menos subconjuntos presentaron, este compartimiento tuvo tres subconjuntos, a diferencia del detritus que tuvo cuatro compartimientos. Además se observa la diferencia tan grande que hay en la producción de hojarasca fina por mes en los doce meses (figura 3a), estos resultados indican que el comportamiento de la caída de hojarasca es bastante variable en esta sucesión del bosque seco.

Tabla 1. Caída de hojarasca fina mensual de la sucesión del bosque seco, en g/col. Tukey HSD (N=20).

MES	Subconjunto				
	1	2	3	4	5
Septiembre	7,027795				
Enero	11,891400	11,891400			
Junio	11,914777	11,914777			
Julio	12,041855	12,041855			
Diciembre	14,731600	14,731600			
Octubre	16,211975	16,211975			
Marzo		22,541130	22,541130		
Noviembre		23,291400	23,291400		

Abril			29,691480		
Mayo			34,931215	34,931215	
Agosto				42,922065	
Febrero					56,678125
Sig.	0,442	0,140	0,072	0,660	1,000

Tasa de la producción anual de la hojarasca total

La producción total acumulada de la hojarasca en la sinecia sucesional ostentó una tendencia de crecimiento leve, pero muy agrupados, ajustado al modelo lineal con una tasa de cambio media de 3,3893 g/m.día (figura 4a).

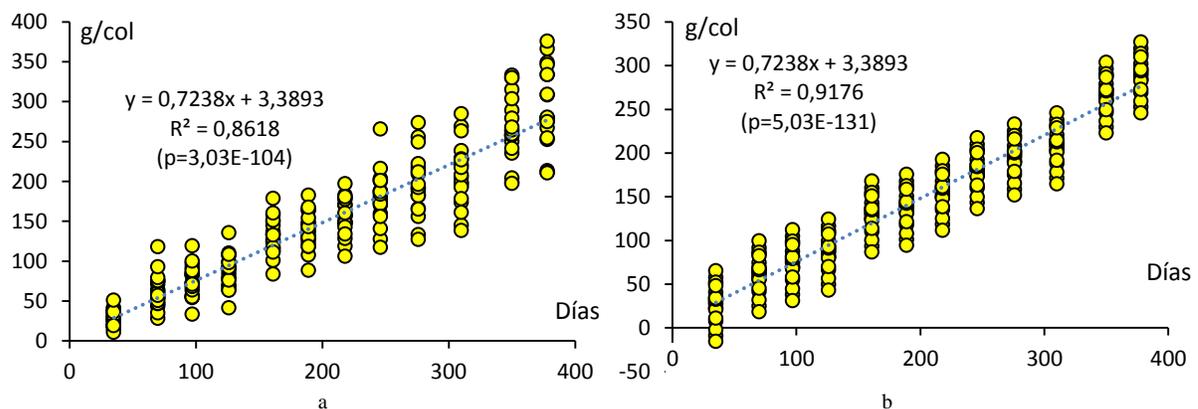


Figura 4. Caída de hojarasca fina acumulada en el tiempo según: a. regresión lineal y b. modelos mixtos.

El 95% de toda la producción de hojarasca total acumulada (PHTA) durante el año logró explicar que durante el tiempo tuvo un registro seguido. Para la estimación de la producción de hojarasca total medial anual se reemplaza en la ecuación x por 365 días y así se obtiene un valor promedio estimado de 1.337,88 g/m².año. Para la Estimación de la producción de hojarasca fina total mediada por modelación lineal de efectos mixtos (figura 6) presenta valores inferiores por debajo del eje x, con un porcentaje del 91,76% de producción, mayor al modelo de la tendencia de la producción de la hojarasca (figura 4b).

4.2. Compartimientos

Producción de hojarasca por compartimientos

Subconjuntos homogéneos

De los tres compartimientos que se encontraron en la producción de hojarasca las hojas constituyeron en el tiempo seis subconjuntos, el de mayor producción presenta la mayor significancia estadística (1,000), los subconjuntos de meses con producción levemente mayor, esto para los subconjuntos cuatro y cinco presentan la mayor significancia (0,415 y 0,495), los subconjuntos de los meses con producción intermedia presenta la menor significancia (0,111 y 0,063) y la del grupo de menos producción presenta el segundo nivel de significancia(0,546), estos conjuntos homogéneos de meses se diferencian entre sí, porque el más productivo tiene 1 mes, los de producción levemente mayor comparte 3 meses con el de menor producción esto para el subconjunto 4, los de producción intermedia comparten 5 y 2 meses con el menos productivo, al igual que él de menor producción comparte 5 meses con el subconjunto intermedio (tabla 2); para el compartimiento del detritus se organizan en el tiempo en cuatro subconjuntos, estos conjuntos homogéneos de meses se diferencian entre sí porque el más productivo obtiene 3 meses (febrero, agosto y mayo) y comparte 2 meses con un intermedio (agosto y mayo),presentando una significancia intermedia, los intermedios comparten 6 meses con el menos productivo, presentando una mayor significancia de 0,481 y 0,585, al igual que un intermedio comparte 6 meses con el de menor producción (tabla 3), con una menor significancia de 0,052; el compartimiento de las ramas se organizan en el tiempo en tres subconjuntos, estos subconjuntos homogéneos se diferencian entre sí porque el más productivo obtiene 3 meses

(febrero, agosto y mayo), compartiendo 2 meses con el intermedio(agosto y mayo), con una mayor significancia de 0,346, el intermedio tiene 3 meses (agosto, mayo y abril) con una significancia intermedia de 0,323, el menos productivo tiene 8 meses (septiembre, noviembre, marzo, octubre, diciembre, junio, julio, enero), presenta una significancia menor de 0,086, no comparte meses con los dos subconjuntos superiores (tabla 4).

Tabla 2. Caída de hojas mensual de la sinecia sucesional del bosque seco, en g/col. Tukey HSD (N=20).

MES	Subconjunto					
	1	2	3	4	5	6
Septiembre	5,330620					
Junio	8,954947	8,954947				
Enero	9,090750	9,090750				
Julio	9,213500	9,213500				
Diciembre	11,276735	11,276735	11,276735			
Octubre	12,313270	12,313270	12,313270			
Marzo		17,860075	17,860075	17,860075		
Noviembre		18,495280	18,495280	18,495280		
Abril			21,471010	21,471010		
Mayo				25,432235	25,432235	
Agosto					32,641525	
Febrero						44,674385
Sig.	0,546	0,111	0,063	0,415	0,495	1,000

Tabla 3. Caída de detritus mensual de la sinecia sucesional del bosque seco, en g/col. Tukey HSD (N=20).

MES	Subconjunto			
	1	2	3	4
Septiembre	0,783070			
Julio	1,345570	1,345570		
Enero	1,410875	1,410875		
Junio	1,442620	1,442620		
Diciembre	1,699530	1,699530		
Octubre	1,923435	1,923435		
Marzo	2,303765	2,303765		
Noviembre		2,408800		
Abril			4,119570	
Mayo			4,574870	4,574870
Agosto			5,115705	5,115705
Febrero				5,897075
Sig.	0,052	0,481	0,585	0,164

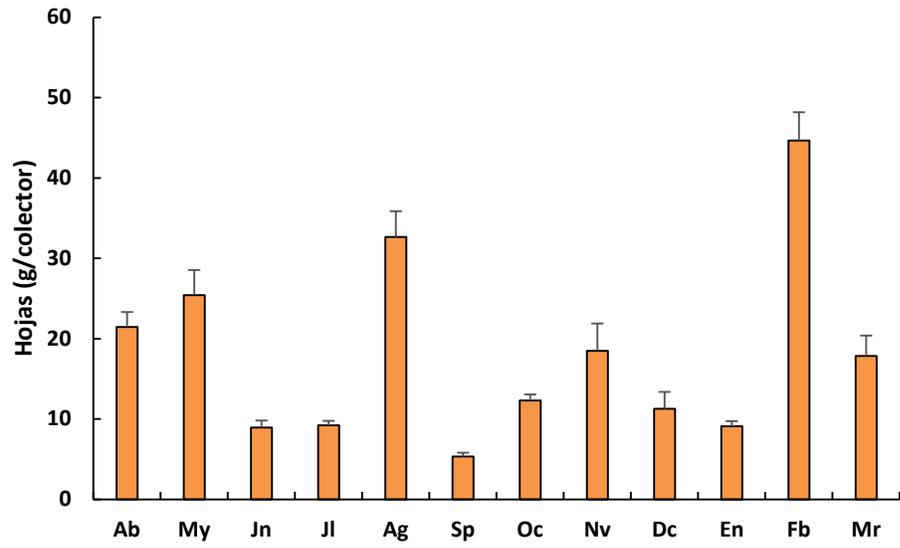
Tabla 4. Caída de ramas mensual de la sinecia sucesional del bosque seco, en g/col. Tukey HSD (N=20).

MES	Subconjunto
-----	-------------

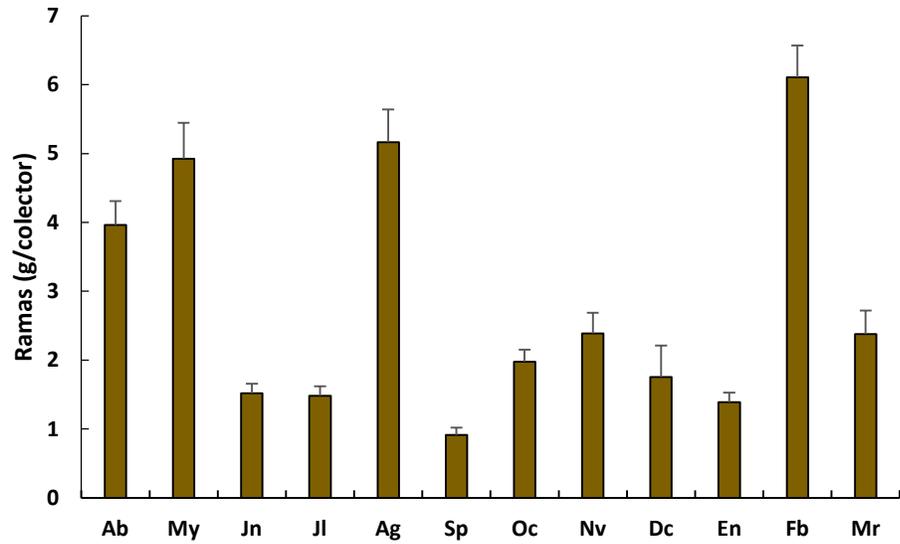
	1	2	3
Septiembre	0,914105		
Enero	1,389775		
Julio	1,482785		
Junio	1,517210		
Diciembre	1,755335		
Octubre	1,975270		
Marzo	2,377290		
Noviembre	2,387320		
Abril		3,964300	
Mayo		4,924110	4,924110
Agosto		5,164835	5,164835
Febrero			6,106665
Sig.	0,086	0,323	0,346

Comportamiento de la producción mensual de los componentes

Las hojas fueron el compartimiento con comprendió la mayor producción de hojarasca fina durante los doce meses, 199,184 g/col/año con una producción mayor en febrero, agosto, mayo y abril; enero, junio, julio y septiembre fueron los meses con menor producción (figura 5a). Las ramas fueron el segundo compartimiento en producción de hojarasca fina con el 32,176 g/col/año, los meses con mayor productividad fueron en febrero, agosto, mayo y abril; enero, junio, julio y septiembre fueron los meses con menor producción (figura 5b). El detritus fue el tercer compartimiento en producción de hojarasca fina con el 31,039 g/col/año, los meses con mayor productividad fueron en febrero, agosto, mayo y abril; enero, junio, julio y septiembre fueron los meses con menor producción (figura 5c).



a



b

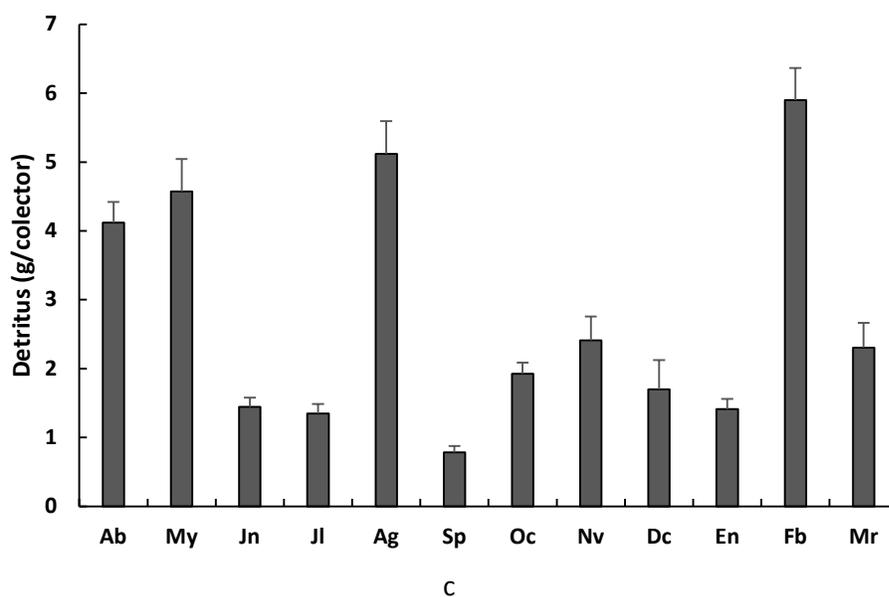
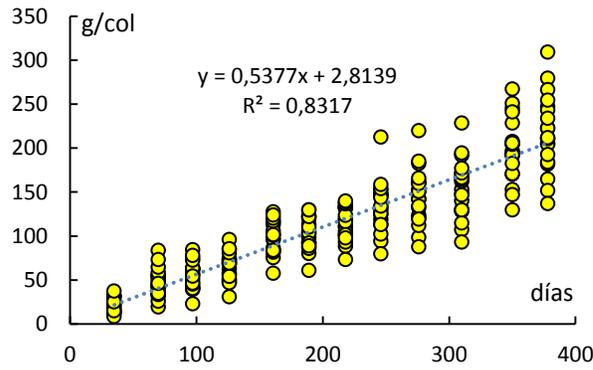


Figura 5. Comportamiento de la producción mensual en una sinécia sucesional del bosque seco de: (a) hojas, (b) ramas y (c) detritus.

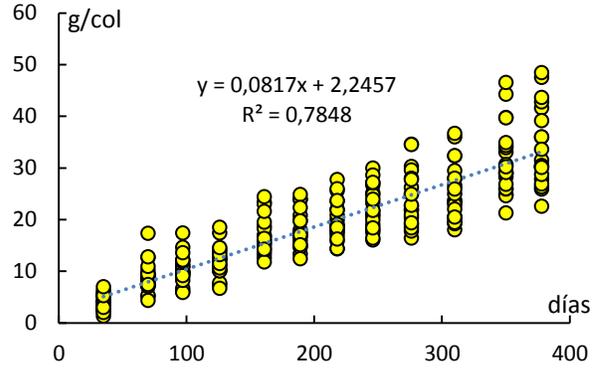
Tasa de producción anual de los principales compartimento de la hojarasca.

La estimación de la producción acumulada de hojas, ramas y detritus reveló un leve incremento de estos componentes y bastante agrupados entre sí, ajustándose al modelo de regresión líneal con la tasa de cambio media anual de 2,8139; 2,2457 y 2,2583 $\text{g/m}^2\cdot\text{día}$ (figura 6a, 6b y 6c). El coeficiente de determinación muestra como el tiempo logra explicar satisfactoriamente toda la producción de hojas total acumulada en un 83,17 %, de ramas total acumuladas en un 78,48 % y de detritus total acumulado en un 76,65 %, presentando un registro continuo. Para la estimación de la producción total media anual se reemplazó en la ecuación de cada compartimento la X por 365 días para así conseguir el valor promedio estimado para hojas 995,92 $\text{g/m}^2\cdot\text{año}$, para ramas

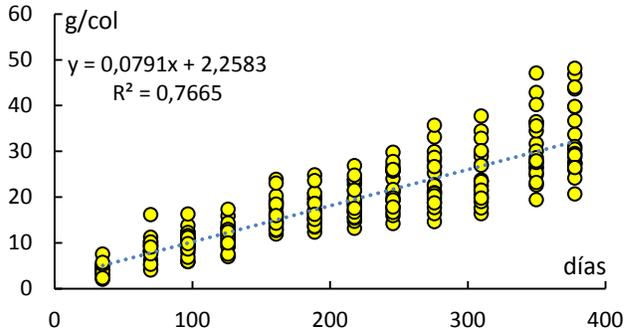
160,88 g/m²/año y para detritus 155,46 g/m²/año; la tendencia de los compartimientos por el modelo mixto muestra que los colectores se encuentran más agrupados (figura 6d, 6e y 6f).



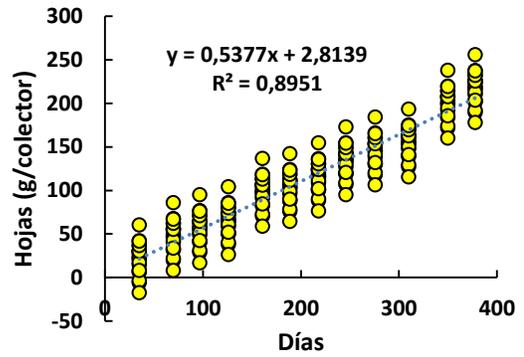
a



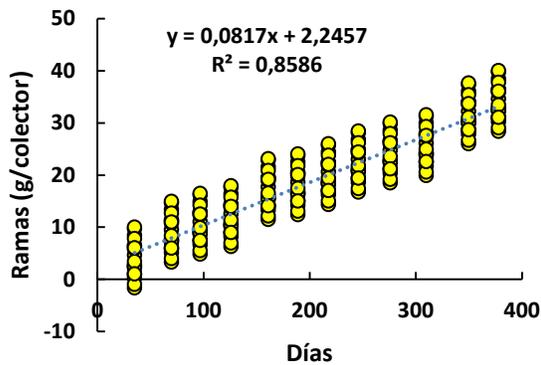
b



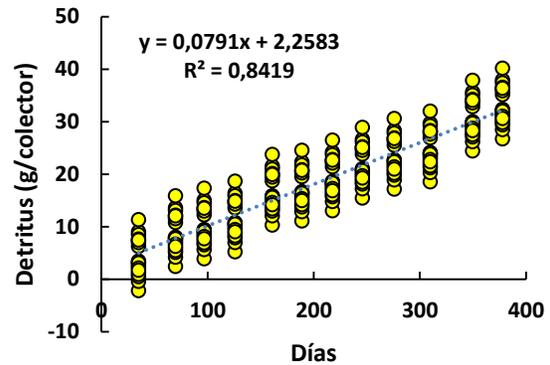
c



d



e



f

Figura 6. Estimación de la producción acumulada de los compartimientos: (a) hojas, (b) ramas y (c) detritus con el modelo clásico y con el modelo líneal mixto (d) hojas, (e) ramas y (f) detritus en una sinecia sucesional del bosque seco.

Tabla 5. Aportes de los compartimientos.

Compartimiento	g/col/año
Hojas	199,184
Ramas	32,176
Detritus	31,039

Modelo de regresión lineal de la hojarasca

Este modelo detectó relaciones de las variables multianuales en conjunto sobre la CHF. La humedad relativa (HR) incidió confiablemente en la caída de 50 de cada 100 g de hojarasca en esta sinecia sucesional del bosque seco. Un cambio en el descenso de la HR a menos de 5 a 8% aumentó la caída de hojarasca y en el ascenso a más de 11 a 17% disminuyó la caída de hojarasca (figura 7).

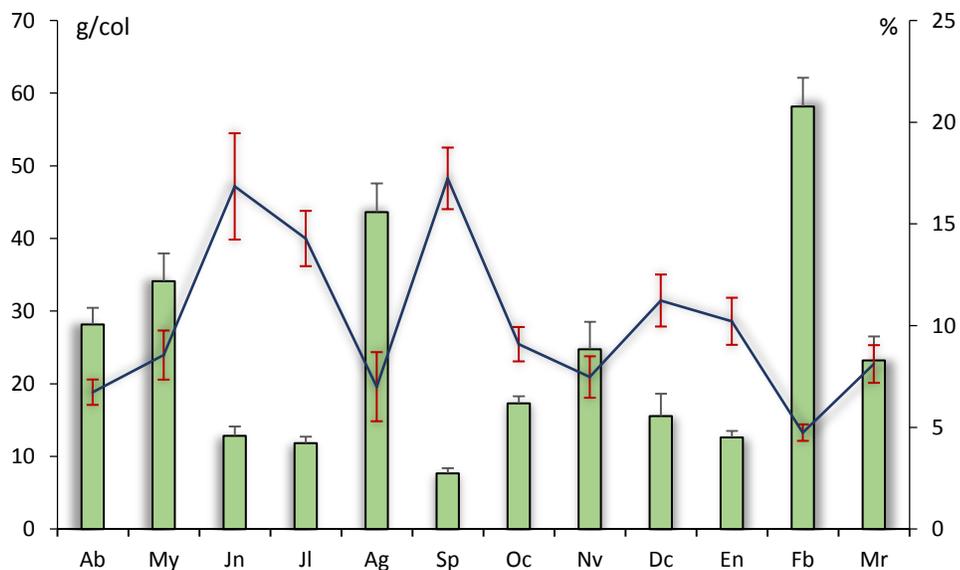
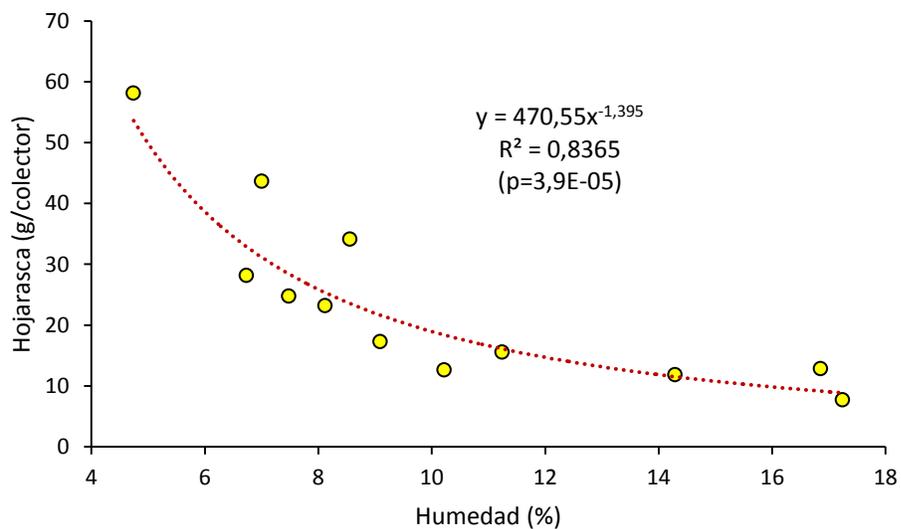
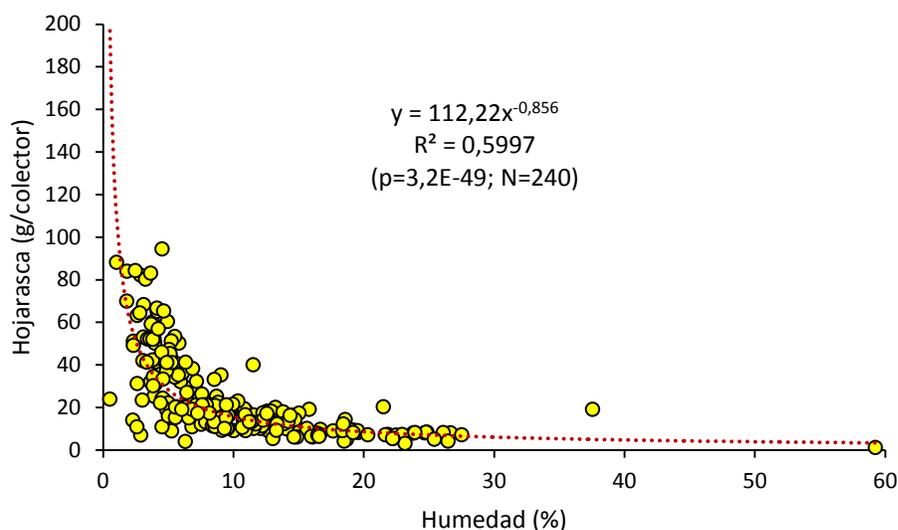


Figura 7. Caída de hojarasca (g/col) en relación con la humedad relativa (%).

La relación entre la caída de hojarasca media mensual y su contenido porcentual de humedad muestra cómo influye en la producción de hojarasca por mes (figura 8 a), se observa que al 5% de humedad la producción de hojarasca es de un 58%, y con 17% de humedad la producción es menor a 10%, con un $R^2 = 0,8365$; al igual que la relación entre la caída de hojarasca y su contenido porcentual de humedad por colector (figura 8 b), se observa que a menor porcentaje de humedad mayor va a hacer la producción de hojarasca, y a mayor porcentaje de humedad menor va a hacer la producción de hojarasca, con un $R^2 = 0,5997$; se observa la dispersión de los datos en el contenido de humedad relativa mensual (figura 8 a), a diferencia del contenido de humedad por colector, estos datos se encuentran más agrupados (figura 8 b).



a



b

Figura 8. Relación entre la caída de hojarasca: (a) mensual, (b) por colector y su contenido porcentual de humedad en una sucesión del bosque seco.

4.3. Especies

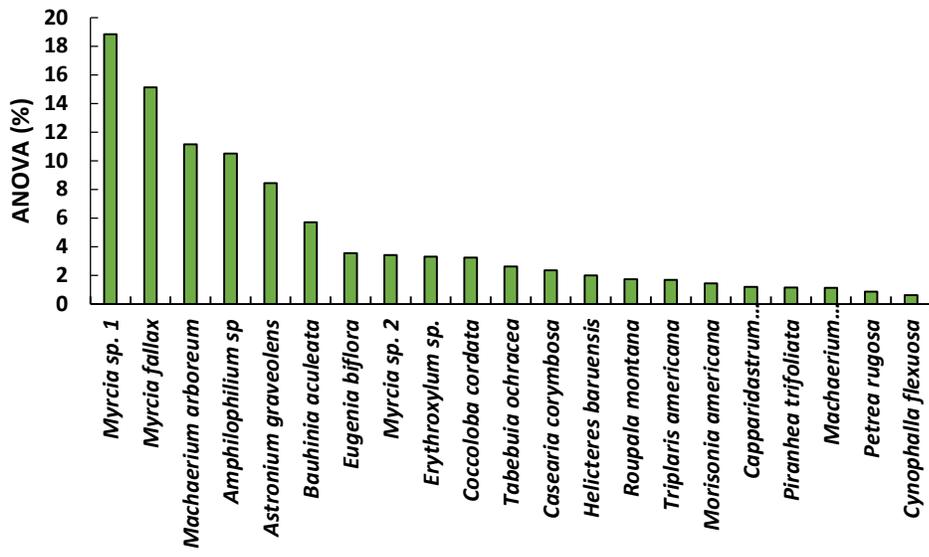
Producción foliar anual ANOVA (g/col/año) y la información (ACP) de las especies

Veintiuna especies de 18 géneros, 11 familias y 9 órdenes de la clase Eudicotyledonae produjeron 1.337,88 en g/m².año de hojarasca fina. Y con una participación del 6 al 19% *Myrcia* sp. 1, *Myrcia fallax*, *Machaerium arboreum*, *Amphilophium* sp, *Astronium graveolens* y *Bauhinia aculeata*, representan el 70% del total de la mayor producción anual de hojas de las 21 especies, con una participación del 1%, las de menor producción de hojas anual fueron *Morisonia americana*, *Capparidastrum frondosum*, *Piranhea trifoliata*, *Machaerium multifoliolatum*, *Petrea rugosa* y *Cynophalla flexuosa* (figura 9a). Por su parte con una participación del 5 al 20% *Machaerium arboreum*, *Myrcia* sp. 1, *Myrcia fallax*, *Amphilophium*

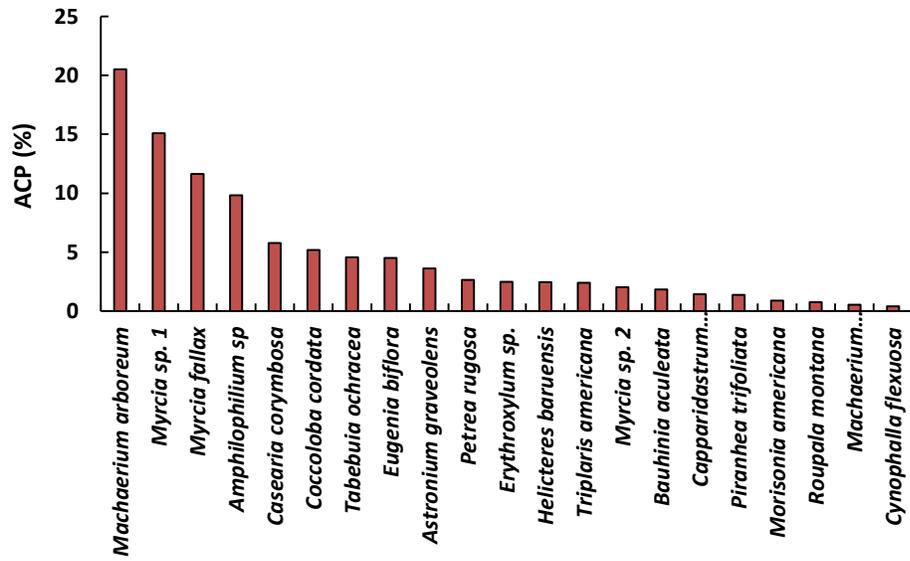
sp, *Casearia corymbosa* y *Handroanthus ochraceus*, representan el 70% del total de la mayor producción de hojas de las 21 especies, con una participación del 1% la menor producción de hojas fueron *Cynophalla flexuosa*, *Machaerium multifoliolatum*, *Roupala montana*, *Morisonia americana*, *Piranhea trifoliata* y *Capparidastrum frondosum*, representando el 6% total de producción de hojas (figura 9 b).

Tabla 6. Productividad total (g/m².año) de las eudicotiledóneas del rastrojo medio del Bs-T (en el sector de la quebrada Canoas-Zarzana perteneciente al corregimiento San Pedro-El Pórtico en el extremo sur del municipio de Cúcuta, Norte de Santander, Colombia).

Subclase	Orden	Familia	Subfamilia	Tribu	Especie	Productividad					
Sin nombre	3	Proteales	Proteaceae	Grevilleoideae	Roupaleae	<i>Roupala montana</i>	75,2589				
	9	Caryophyllales	Polygonaceae	Polygonoidae	Triplariidae	<i>Triplaris americana</i>	72,613				
					Coccolobeae	<i>Coccoloba cordata</i>	140,1678				
Rosidae	Myrtales	Myrtaceae	Myrtoideae	Myrteae	<i>Myrcia</i>	<i>fallax</i>	655,485				
						sp.	1	816,4582			
						2	148,2802				
					<i>Eugenia biflora</i>	153,9126					
	Malpighiales	Salicaceae	Samydeae	Caseariae	Caseariae	<i>Casearia corymbosa</i>	101,8258				
								Picrodendraceae	Picrodendreae	<i>Piranhea trifoliata</i>	50,2136
	Fabales	Fabaceae = Leguminosae	Caesalpinioideae	Cercideae	<i>Bauhinia aculeata</i>	247,3509					
			Faboideae = Papilionoideae	Dalbergieae	<i>Machaerium</i>	<i>arboreum</i>	483,0448				
					<i>multifoliolatum</i>	48,7099					
	Sapindales	Anacardiaceae	Rhoeeae	<i>Astronium graveolens</i>	365,9897						
	Malvales	Malvaceae	Helicterioideae	Helictereeae	<i>Helicteres baruensis</i>	86,6212					
	Brassicales	Capparaceae	Cappareae	<i>Cynophalla flexuosa</i>	26,25						
<i>Capparidastrum frondosum</i>						51,3085					
<i>Morisonia americana</i>						62,2403					
Asteridae	Lamiales	Verbenaceae	Petreeae	<i>Petrea rugosa</i>	37,3514						
		Bignoniaceae	Bignoniaceae	<i>Amphilophium</i> sp	455,2395						
			Tecomeae	<i>Handroanthus ochraceus</i>	113,8433						



a

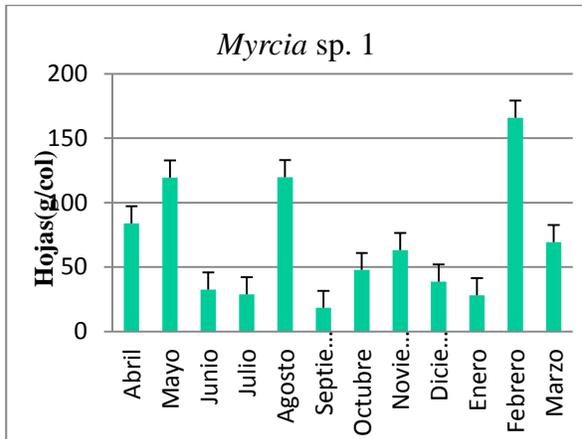


b

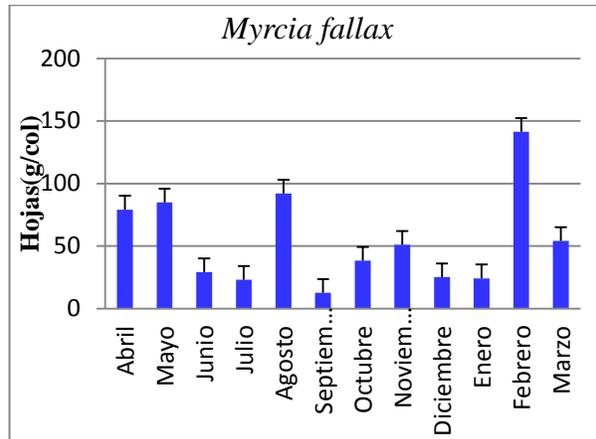
Figura 9. Aporte proporcional a la producción foliar anual ANOVA (g/col.año) y la información (ACP) de las especies.

Comportamiento de la producción foliar.

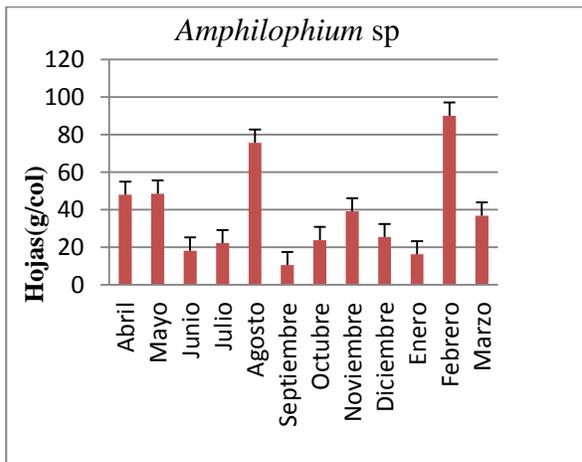
Myrcia sp. 1 se encontró en los 19 de 20 colectores de los doce meses de muestreo, produciendo más hojas en febrero, agosto mayo y abril, los demás meses arrojaron una producción estable (figura 10a), también se encontró *Myrcia fallax* en 17 colectores durante el año de muestreo, su mayor producción de hojas fue en febrero, septiembre, diciembre, enero, junio y julio fueron los meses de menor producción de hojas (figura 10b), *Amphilophium* sp fue la tercera especie que se encontró en la mayoría 17 de los veinte colectores, los dos meses de mayor producción fueron febrero y agosto; septiembre, enero y junio fueron los meses de menor producción (figura 10c), *Astronium graveolens* se encontró en 11 colectores de los 20, su mayor producción fue en el mes de febrero y el mes de menor producción fue en septiembre (figura 10d), las especies que se encontraron en 1 de los 20 colectores fueron *Cynophalla flexuosa* encontrado en el colector 1 con mayor producción en el mes de febrero (figura 10e), seguida de *Petrea rugosa*, que se encontró en el colector 2, con mayor producción en los meses de febrero y agosto, los meses de menor producción fueron junio y septiembre (figura 10f), la especie *Machaerium arboreum* ostentó mayor producción de hojas a pesar de no encontrarse en la mayoría de los colectores (figura 10g).



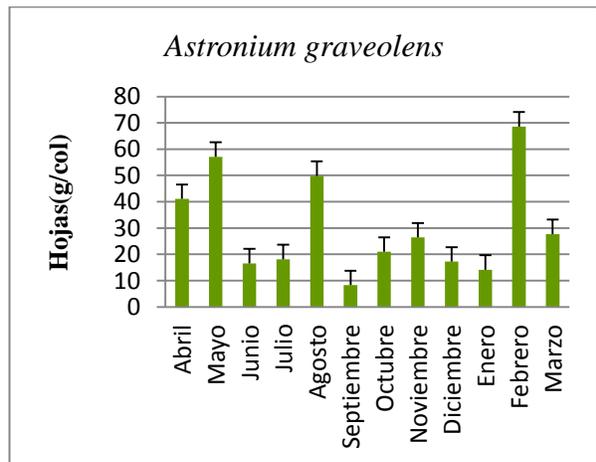
a



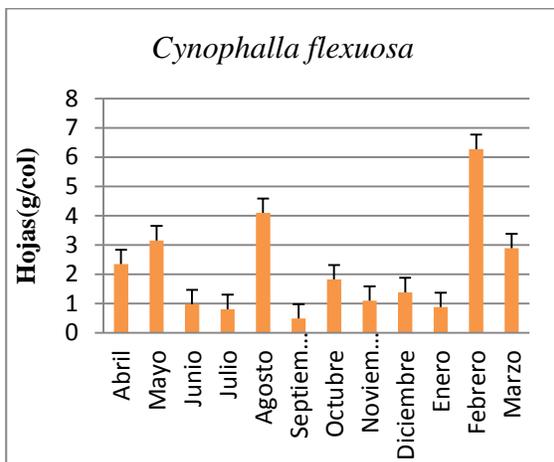
b



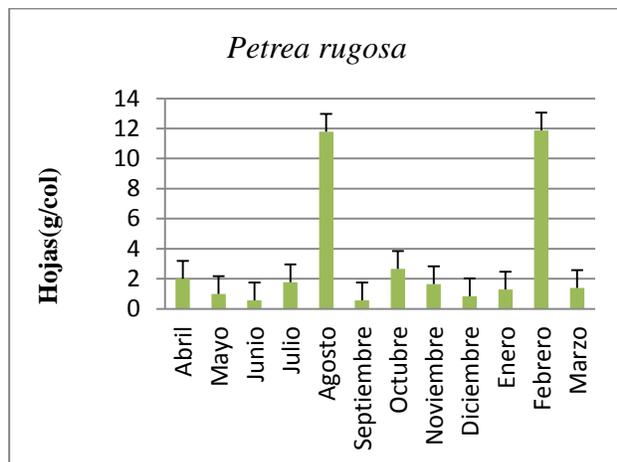
c



d



e



f

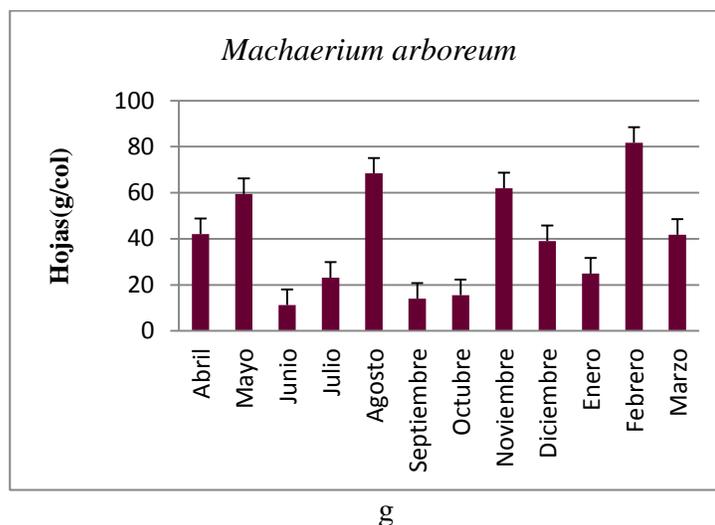


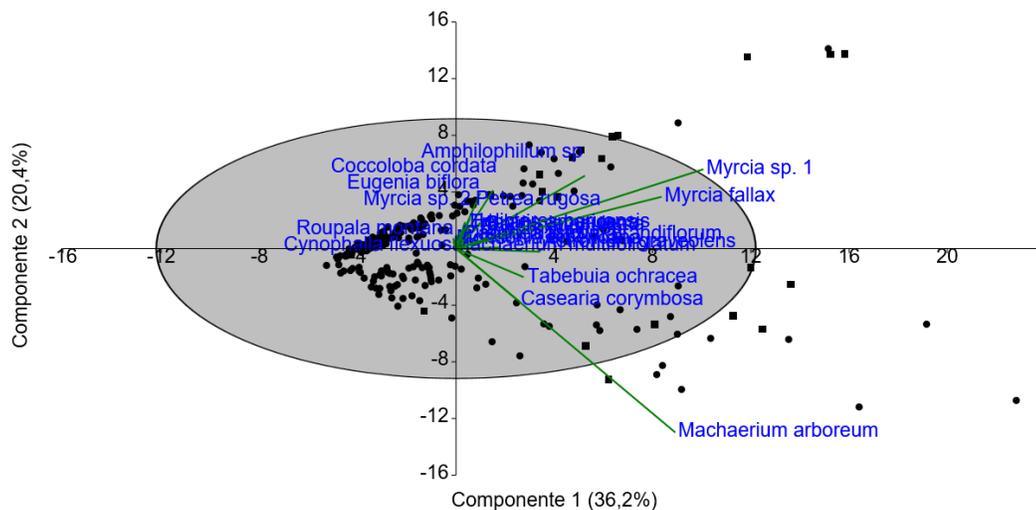
Figura 10. Comportamiento de la producción foliar en g/col de (a) *Myrcia* sp. 1, (b) *Myrcia fallax*, (c) *Amphilophium* sp, (d) *Astronium graveolens*, (e) *Cynophalla flexuosa*, (f) *Petrea rugosa*, (g) *Machaerium arboreum*.

Análisis de componentes principales (ACP) aplicados a la producción de las especies.

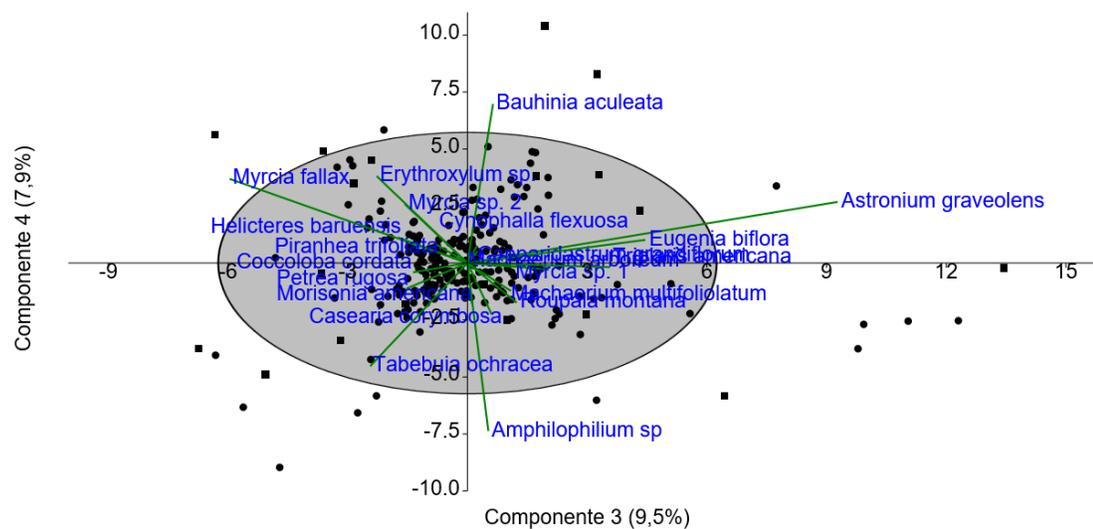
Planos factoriales

Se observó en el segundo plano del componente 2 la especie *Myrcia* sp. 1, que sale del elipsoide, seguido de la especie *Myrcia fallax*, con un 20,4% de menor varianza (figura 11a); *Machaerium arboreum*, se encontró en el segundo plano del componente 1 con un 36,2% de mayor varianza, esta especie sobresale del elipsoide (figura 11a); *Myrcia fallax*, sale del elipsoide, encontrándose en el componente 4 del primer plano junto con *Erythroxylum* sp; para el segundo plano de este componente salen del elipsoide las especies *Astronium graveolens* y *Bauhinia aculeata*, pero

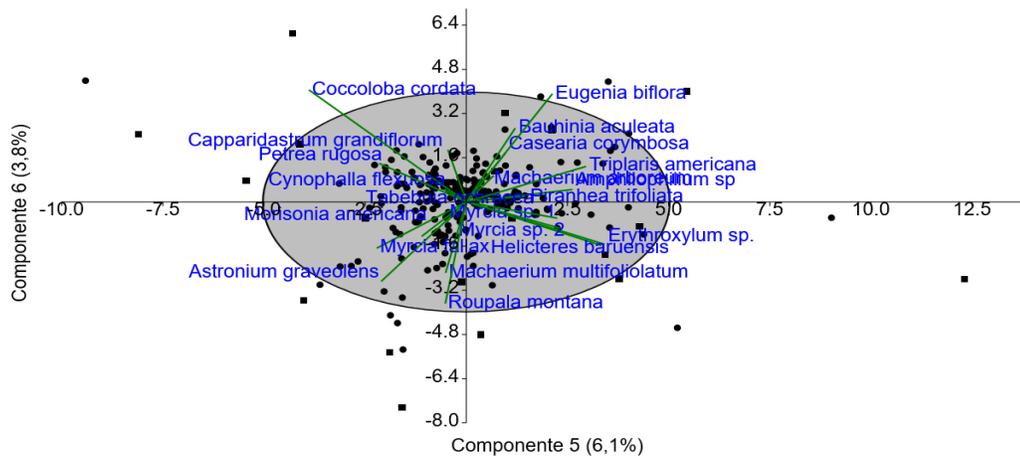
también se encuentran las especies *Eugenia biflora* y *Morisonia americana*, con un 7,9% de menor varianza (figura 11b); en el componente 3 primer plano se encuentra la especie *Handroanthus ochraceus*, pero no sobresale del elipsoide; para el segundo plano del componente 3 sobre sale del elipsoide la especie *Amphilophium* sp, también se encuentran las especies *Machaerium multifoliolatum*, *Roupala montana* y *Casearia corymbosa* con un 9,5% de mayor varianza (figura 11b); para el componente 6, primer plano la especie que sobre sale del elipsoide es la *Coccoloba cordata*, también se encuentran las especies *Capparidastrum frondosum*, *Petrea rugosa* y *Cynophalla flexuosa*; para el segundo plano del componente 6 la especie que sale del elipsoide es *Eugenia biflora*, además se encuentran las especies *Bauhinia aculeata*, *Casearia corymbosa*, *Triplaris americana*, *Machaerium multifoliolatum* y *Piranhea trifoliata*, este componente presenta un 3,8% de menor varianza (figura 11c); para el componente 5 del primer plano se encuentran las especies *Astronium graveolens*, *Morisonia americana*, *Myrcia fallax*, *Machaerium multifoliolatum* y *Roupala montana*, ninguna de estas especies sobre salen del elipsoide; para el segundo plano del componente 5 se encuentran las especies *Erythroxylum* sp, *Myrcia* sp. 2, *Helicteres baruensis* y *Myrcia* sp. 1, este componente presenta un 6,1% de mayor varianza (figura 11c).



a



b



c

Figura 11. Aporte de información de las especies en sus componentes horizontales y verticales:

(a) 1 y 2, (b) 3 y 4, y (c) 5 y 6.

ITEM	Nivel	Ecuación	g/colector.año	g/m ² .año
Hojarasca	Inferior	0,696(x)-2,999	251,041	1255,21
	Medio	0,7238(x)+3,389	267,576	1337,88
	Superior	0,752(x)+9,778	284,258	1421,29
Hojas	Inferior	0,514(x)-2,608	185,008	925,04
	Medio	0,538(x)+2,814	199,184	995,92
	Superior	0,561(x)+8,236	213,001	1065,01
Ramas	Inferior	0,077(x)+1,269	29,374	146,87
	Medio	0,082(x)+2,246	32,176	160,88
	Superior	0,086(x)+3,222	34,612	173,06
Detritus	Inferior	0,075(x)+1,248	28,623	143,11
	Medio	0,079(x)+2,258	31,039	155,46
	Superior	0,083(x)+3,268	33,563	167,81

Tabla 8. Estimación del intervalo de confianza (95%) de la producción anual de la hojarasca fina y sus componentes por colector y por m² en la sinécia sucesional del bosque seco.

5. DISCUSIÓN.

La productividad primaria obtenida en una sinecia sucesional de bosque seco es mayor a todas las registradas en las fases sucesionales del orobioma altoandino y subandino de la cordillera oriental de Colombia, es de enfatizar que al diferenciar esta productividad con las del altoandino y subandino esta es lo suficientemente grande. Se utilizó el método acumulativo de la caída de hojarasca (Murcia, 2010, Caicedo & Martínez, 2012, Galván 2013, Díaz 2014). Este método permite determinar con un intervalo de confianza del 95% los límites inferiores, medios y superiores de la productividad primaria y de las Razones de cambio para cada una de las comunidades estudiadas (tabla 7). Donde se reportaron diferentes de productividad primaria para la comunidad del bosque maduro del Volcán con 50 años de edad, con una productividad media de $863,368 \text{ g/m}^2 \cdot \text{año}$, para la productividad de Monte dentro con 60 años ostentó una producción de $744,67 \text{ g/m}^2 \cdot \text{año}$, al igual que el segundo estudio que se realizó en Monte dentro con 62 años presentó una producción de $587,688 \text{ g/m}^2 \cdot \text{año}$, para la productividad del matorral subandino con 30 años ostentó una producción de $869,301 \text{ g/m}^2 \cdot \text{año}$, al comparar la productividad de las fases sucesionales del bosque altoandino y subandino con la de la sinecia sucesional del bosque seco del zonorobioma tropical de la cordillera oriental de Colombia, esta sinecia ostentó una producción superior registradas a las anteriores fases, lo que indican estos resultados es que a estos niveles altitudinales la producción va a hacer mayor que en el bosque altoandino o climas fríos y de tierras altas.

Sinecia	Referen- cia	Años	Productividad Primaria			Razón de cambio			N	
			a	b	c	a	b	c		
Matorral	Murcia (2010)	20	454,119	505,488	557,22	1,389	1,446	1,5	120	
Rastrojo		25	483,3	527,085	572,09	1,462	1,512	1,56		
Bosque secundario		40	624,36	719,532	814,71	1,95	2,056	2,16		
Bosque maduro	El Volcán	50	805,021	863,368	921,71	2,235	2,3	2,37	48	
	Monte dentro	Caicedo & Martínez (2012)	60	662,424	747,342	832,63	2,066	2,21		2,36
		Díaz (2014)	62		587,688			0,8174		
Sinecia sucesional del bosque seco	en el sector de la quebrada Canoas-Zarzana perteneciente al corregimiento San Pedro-El Pórtico en el extremo sur del municipio de Cúcuta, Norte de Santander, Colombia.	Este estudio		1.255,21	1.337,88	1.421,29	2,999	3,389	9,778	240
Matorral (subandino)	Santa Lucía Bajo, Municipio de Pamplonita (1200 msnm).	Galván (2013)	30		869,301					48

Tabla 7. Productividad primaria sucesional (PPS) ($\text{g/m}^2 \cdot \text{año}$) y razón de cambio ($\text{g/m}^2 \cdot \text{día}$) inferiores (a), medios (b) y superiores (c) en el orobioma altoandino, Subandino y zonorobioma tropical de la cordillera oriental de Colombia.

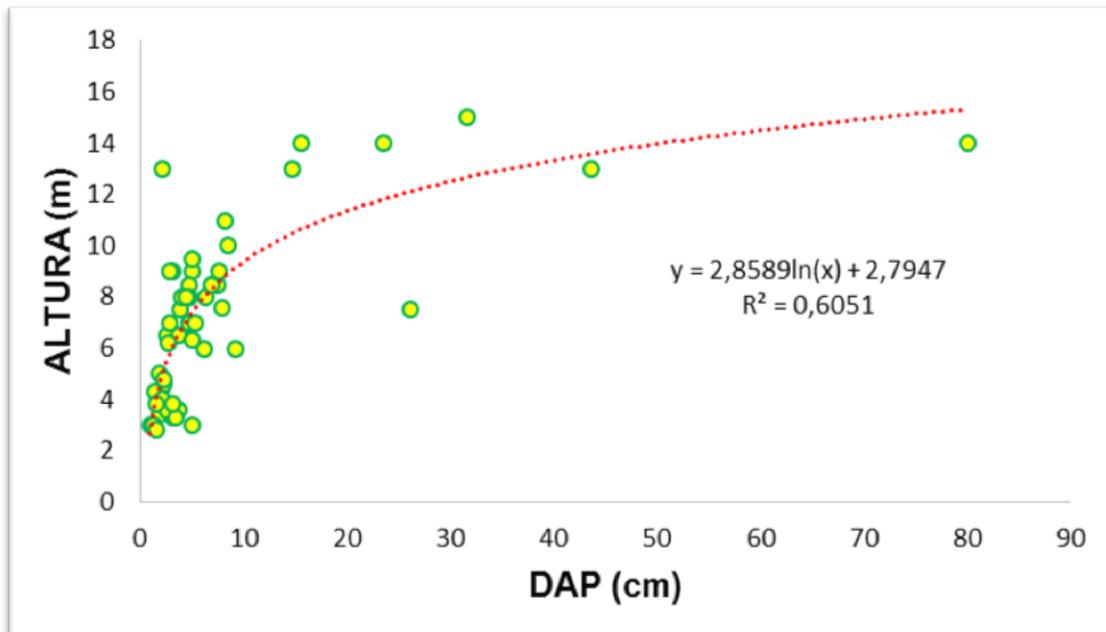
Durante los doce meses de muestreo se registraron $1.337,88 \text{ g/m}^2/\text{año}$ de producción de hojarasca fina, los meses que más ostentaron esta productividad fueron febrero, agosto, mayo y abril, lo que nos muestra este resultado es que la alta productividad se deba a los niveles altitudinales, ya que estos presentan mayor temperatura, por consiguiente su metabolismo será más rápido, donde la renovación de biomasa va a hacer más rápida.

De los compartimientos las hojas fueron las que registraron la mayor productividad de hojarasca fina con un 199,184 g/col.año, constituida por 21 especies, donde las de mayor producción de hojas fueron *Machaerium arboreum*, *Myrcia* sp. 1, *Myrcia fallax*, *Amphilophilium* sp, *Casearia corymbosa* y *Handroanthus ochraceus*, con el 70% total; así mismo las especies como *Myrcia* sp. 1, *Myrcia fallax*, *Machaerium arboreum*, *Amphilophilium* sp, *Astronium graveolens* y *Bauhinia aculeata*, representan el 70% del total de la mayor producción anual de hojas (figura 10a y b), también se observó que los meses que ostentaron mayor producción fueron febrero, agosto, mayo y abril (figura 3a). El segundo compartimiento que presentó mayor producción fueron las ramas con un 32,176 g/col.año, con un R^2 de 0,7848, al igual que en la producción de hojas los meses más representativos con relación su producción fueron febrero, agosto, mayo y abril.

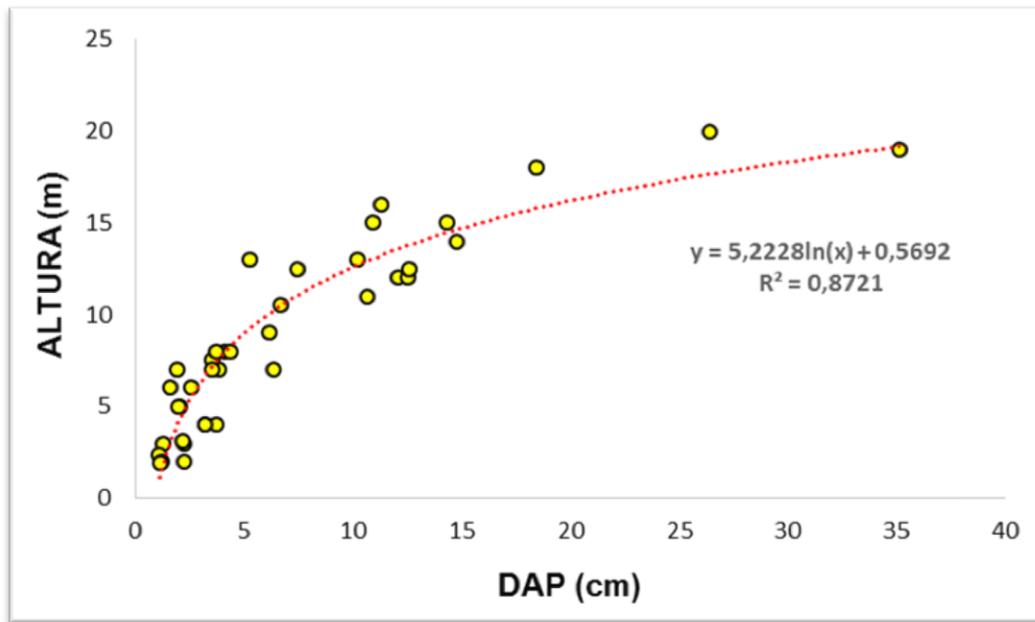
Las especies que se encontraron en la mayoría de los colectores fueron *Myrcia* sp. 1, *Myrcia fallax*, *Amphilophilium* sp y *Astronium graveolens*; las de menor presencia en los colectores fueron *Cynophalla flexuosa* y *Petrea rugosa*; *Machaerium arboreum* fue una de las especies que mayor producción de hojas ostentó, aunque no se encontró en la mayoría de los colectores (figura10).

Los datos de la tendencia de la caída de hojarasca fina acumulada en el tiempo por la modelación lineal básica son más dispersos que los datos por modelación lineal de efectos mixtos, estos se encuentran más agrupados presentando valores inferiores por debajo del eje x, lo que nos indica que el modelo mixto reduce la heteroscedasticidad de la regresión.

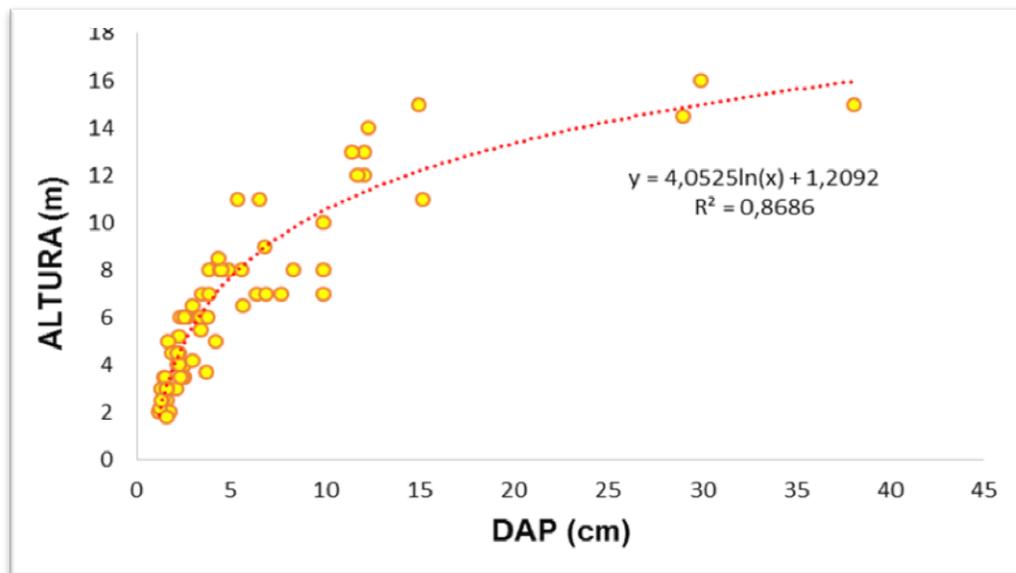
Según García (2014) en la tendencia logarítmica del DAP y la altura de las tres parcelas realizadas en la sinecia sucesional de bosque seco en la cuenca baja del río Pamplonita, la mayoría de los individuos para la parcela uno no superan los 30 cm de DAP, y su altura no pasa de los 16 metros (figura 11 a); para la parcela dos los individuos no superan los 20 metros de altura, y su DAP alcanzado es de 15 cm, para la mayoría de los individuos (figura 11 b); la altura para los individuos de la parcela tres no pasa de los 16 metros, con un DAP de 15 cm (figura 11 c); la razón de cambio muestra que la parcela de mayor producción fue la número tres, pero la número dos y la número tres presentan un comportamiento similar; esta tendencia me indica que esta sinecia no es un bosque maduro seco, sino un rastrojo medio ya que si fuera bosque maduro los individuos se encontrarían en la parte superior de la línea y ostentarían mayor DAP.



a



b



c

Figura 11. Relación de la tendencia logarítmica del DAP y la altura entre los individuos de las parcelas (a) 1, (b) 2 y (c) 3.

6. CONCLUSIONES

La sinecia sucesional de rastrojo medio del bosque seco en la cuenca baja del río Pamplonita (en el sector de la quebrada Canoas-Zarzana perteneciente al corregimiento San Pedro-El Pórtico en el extremo sur del municipio de Cúcuta, Norte de Santander, Colombia) tuvo una productividad de hojarasca de 1.337,88 en $\text{g/m}^2/\text{año}$, en comparación con el bosque altoandino y subandino; esto es debido a que las especies de este rastrojo presentan estrés hídrico, por lo que la producción de hojarasca va a hacer mayor.

Esta sinecia sucesional del bosque seco en la cuenca baja del río Pamplonita en el sector de la quebrada Canoas-Zarzana perteneciente al corregimiento San Pedro-El Pórtico en el extremo sur del municipio de Cúcuta, Norte de Santander, Colombia, se encontraron veintiuna especies de 18 géneros, 11 familias y 9 órdenes de la clase Eudicotyledonae que produjeron ≈ 996 g de hojas /col.año, el componente mayor de la hojarasca.

La producción de hojarasca fina fue mayor en los meses de menor humedad: febrero, agosto, mayo y abril.

Myrcia sp. 1, *Myrcia fallax*, *Amphilophium* sp y *Astronium graveolens*, fueron las especies que se encontraron en la mayoría de los colectores; *Cynophalla flexuosa* y *Petrea rugosa*, se encontraron en un colector; *Machaerium arboreum* fue la especie que mayor producción de hojas ostentó en ACP.

El ordenamiento de las especies por nivel de producción es diferente al exhibido por la categorización dada por el aporte inercial de las 4 especies más productoras de hojarasca (ANOVA/ACP).

7. RECOMENDACIONES

Seguir estudiando la caída de hojarasca en esta sinecia sucesional del bosque seco en el sector de la quebrada Canoas-Zarzana perteneciente al corregimiento San Pedro-El Pórtico en el extremo sur del municipio de Cúcuta, Norte de Santander, Colombia, en la cuenca del río Pamplonita, para entender las oscilaciones y su efecto en la producción en el tiempo.

Realizar estudios morfoanatómicos y de área foliar de las especies que se encuentran en esta sinecia sucesional del bosque seco.

Evitar que este bosque siga siendo intervenido, manifestándole a la comunidad del sector lo importante que es conservarlo y elaborar nuevas alternativas de desarrollo que permitan su preservación sin afectarlo.

Comparar las oscilaciones de la caída de hojarasca con variables climáticas como precipitación, evaporación, humedad y velocidad del viento.

8. BIBLIOGRAFÍA

Álvarez M, F Escobar, F Gast, H Mendoza, A Repizzo & H Villareal. 1998. Bosque Seco Tropical. En: Chávez ME & N Arango (editores). Informe Nacional sobre el estado de la biodiversidad Colombia. Diversidad Biológica. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá. Tomo I:56-71.

Arango N, D Armenteras, M Castro, T Gottsmann, OL Hernández, CL Matallana, M Morales, LG Naranjo, LM Renjifo, LF Trujillo & H. F. Villareal. 2003. Vacíos de conservación del Sistema de Parques Nacionales Naturales de Colombia desde una perspectiva ecorregional. WWF (Fondo Mundial para la Naturaleza) & Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá. 64 pp.

Caicedo E & OK Martínez. 2012. Producción de hojarasca fina en una comunidad sucesional de bosque maduro tardío en la cuenca alta del río Pamplonita, Colombia. Universidad de Pamplona. Tesis Biología. Pamplona. 18 pp.

CARILLO, M. 2006. "Caracterización Florística y estructural del Bosque Seco Tropical del Cerro Tasajero, San José de Cúcuta (Norte de Santander) Colombia". En: Colombia Actualidades Biológicas ISSN: 0304 3584 Ed: Universidad De Antioquia v.29 fasc.86 p.55 - 73 ,2007.

Devia W & S González. 1995. Caracterización fisionómica de la flora de un bosque seco secundario en el corregimiento de Mateguadua, Tuluá, Valle del Cauca. Cespedia 20(66):35-65.

Díaz Y. 2014. Aceleración de la caída de hojarasca de un bosque maduro en la cuenca alta del río Pamplonita, Colombia. Universidad de Pamplona. Tesis Biología. Pamplona. 104 pp.

Dirzo R, HS Young, HA Mooney & YG Ceballos. 2011. Introduction. En: Dirzo R, HS Young, HA Mooney & YG Ceballos (editores). Seasonally Dry Tropical Forests. Island. Washington:11-3.

Etter A. 1993. Diversidad ecosistémica en Colombia hoy. En: Nuestra diversidad biótica. CEREC & Fundación Alejandro Ángel Escobar. Bogotá: 43-66.

Galván C. 2013. Dinámica de la caída de hojarasca fina en un matorral subandino en la cuenca del río Pamplonita, Colombia. Universidad de Pamplona. Tesis Biología. Pamplona. 60 pp.

García, K. 2014. Caracterización de la vegetación en una comunidad del bosque seco en la cuenca baja del río Pamplonita, Colombia. Universidad de Pamplona. Tesis Biología. Pamplona. 74 pp.

Gentry A. 1995. Diversity and floristic composition of neotropical dry forest. En: Bullock SH, HA Mooney & E Medina (editores). Seasonally Dry Tropical Forests. Cambridge University. Cambridge:146-94.

GRANADOS, J. & C. CORNER. 2006. Respuesta de las selvas tropicales al incremento de CO₂ en la atmosfera, Institute of Botany, University of Basel, Revista Forestal Iberoamericana Vol. N° 1, 1-8p.

Hernández-Camacho J. 1992. Vulnerabilidad y estrategias para la conservación de algunos biomas de Colombia. En: Halffter G (editor). La diversidad biológica de Iberoamérica. Acta Zoológica Mexicana. Volumen especial:191-202.

Hernández M & MA Murcia. 1995. Estimación de la productividad primaria de *Espeletia grandiflora* H & B y *Pinus patula* Schl & Cham en el páramo “El Granizo” Cundinamarca, Colombia. En: Estudios ecológicos del páramo y del bosque altoandino cordillera oriental de Colombia. ACCEFYN Colección Jorge Álvarez Lleras 6:503-20.

IBM ® SPSS ®. 2012. Advanced Statistic 20.0 For Windows.

IAVH (Instituto Alexander von Humboldt). 1995. Exploración ecológica a los fragmentos de bosque seco en el valle del río Magdalena (norte del departamento del Tolima). Grupo de Exploraciones Ecológicas Rápidas, IAVH, Villa de Leyva:56.

Maass JM, P Balvanera, A Castillo, GC Daily, HA Mooney, P Ehrlich, M Quesada, A Miranda, VJ Jaramillo, F García-Oliva, A Martínez-Yrizar, H Cotler, J López-Blanco, A Pérez-Jiménez, A Búrquez, C Tinoco, G Ceballos, L Barraza, R Avala & J Sarukhán. 2005. Ecosystem services of tropical dry forests: insights from long-term ecological and social research on the Pacific Coast of Mexico. Ecology and Society 10:1-17.

Margalef R. 1995. La ecología, entre la vida real y la física teórica. Investigación y Ciencia. Junio: 66-73.

Mendoza H. 1999. Estructura y riqueza florística del bosque seco tropical en la región Caribe y el valle del río Magdalena, Colombia. Caldasia 21(1):70-94.

Miles L, AC Newton, RS Defries, C Ravilious, I May, S Blyth, V Kapos & JE Gordon. 2006. A global overview of the conservation status of tropical dry forests. *J Biogeography* 33:491-505.

Murcia MA. 2010. Productividad primaria neta del bosque alto andino en la cuenca del río Pamplonita (Norte de Santander - Colombia). (Sucesión regenerativa del bosque alto andino). Universidad Nacional de Colombia. Tesis Doctoral. 185 pp.

Odum EP. 1984. *Ecología*. Interamericana. México. 639 pp.

Pennington RT, DE Prado & CA Pendry. 2000. Neotropical seasonally dry forests and Quaternary vegetation changes. *J Biogeography* 27:261-73.

Pennington RT, M Lavin & A Oliveira-Filho. 2009. Woody plant diversity, evolution, and ecology in the tropics: perspectives from seasonally dry tropical forests. *Ann Rev Ecol Evol and Syst* 40:437-57.

Pennington RT. 2012. Prólogo. *Biota Colombiana* 13:3-4.

Portillo-Quintero CA & GA Sánchez-Azofeifa. 2010. Extent and conservation of tropical dry forests in the Americas. *Biological Conservation* 143:144-55.

Prince S & D Zheng. 2006. Global Primary Production Data Initiative (GPPDI) Gridded Net Primary Productivity (NPP). The Oak Ridge National Laboratory Distributed Active Archive Center (ORNL DAAC) for biogeochemical dynamics is one of the NASA

Prusinkiewicz Z & M Bigos. 1978: Rhythmicity of accumulations and decomposition of forest litter in three mixed forest stands on the soils with different types of forest floor. *Ekologia Polska* 26(3):325-45.

Ramírez J, C Zapata, J León & M González. 2007. Caída de hojarasca y retorno de nutrientes en bosques montanos andinos de Piedras Blancas, Antioquia, Colombia. *Revista Interciencia* 32(5):303-11.

Torres-G AM, JB Adarve, M Cárdenas, JA Vargas, V Londoño, K Rivera, J Home, OL Duque & ÁM González. 2012. Dinámica sucesional de un fragmento de bosque seco tropical del Valle del Cauca, Colombia. *Biota Colombiana* 13:66-85.

Toro JL. 2004. El bosque seco tropical en Colombia. Corporación Autónoma Regional del Centro de Antioquia CORANTIOQUIA. Inédito. Medellín. ¿pp?

Vitousek PM. 1984. Litterfall, nutrient cycling, and nutrient limitation in tropical forests. *Ecology* 65:285-98.

Zapata CM, JA Ramírez, JD León & MI González. ¿año? Producción de hojarasca fina en bosques altoandinos de Antioquia, Colombia. *Rev Fac Nal Agr* 60(1):3771-84

Zea JF, MA Murcia & FE Poveda. 2014. Modelos mixtos aplicados a la productividad de la hojarasca. *Comunicaciones en Estadística* 7(2):173-90.