

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO FORESTAL



Producción de Hojarasca e Intercepción de Lluvia en Un Bosque de Coníferas y su
Relación con Variables Climáticas en Buenavista, Saltillo, Coahuila

Por:

JORGE JIMÉNEZ SANTIZ

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO FORESTAL

Saltillo, Coahuila, México

Junio del 2017

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO FORESTAL

Producción de Hojarasca e Intercepción de Lluvia en Un Bosque de Coníferas y su Relación
con Variables Climáticas en Buenavista, Saltillo, Coahuila

Por

JORGE JIMÉNEZ SANTIZ

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO FORESTAL

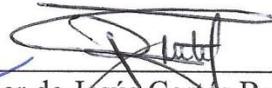
Aprobada por el Comité de Asesoría



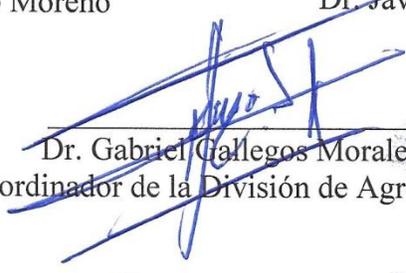
Dr. Jorge Méndez González
Asesor Principal



Dr. Luis Samaniego Moreno
Coasesor



Dr. Javier de Jesús Cortés Bracho
Coasesor



Dr. Gabriel Gallegos Morales
Coordinador de la División de Agronomía



Coordinación
División de Agronomía

Saltillo, Coahuila, México

Junio 2017

AGRADECIMIENTOS

A DIOS, por darme la vida e iluminarme en todo momento, por haberme acompañado y guiado a lo largo de mi carrera, por ser mi fortaleza en los momentos de debilidad y por brindarme una vida llena de aprendizajes y sobre todo de felicidad.

A mi Alma Mater la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, por haberme aceptado ser parte de ella y abierto las puertas para seguir formándome profesionalmente.

Al Dr. Jorge Méndez González por haberme brindado la oportunidad de recurrir a su capacidad y conocimiento científico, así como también haberme tenido la paciencia para guiarme durante todo el desarrollo de la tesis.

Al Dr. Javier de Jesús Cortés Bracho y al Dr. Luis Samaniego Moreno por el valioso tiempo que brindaron en la revisión de la presente investigación.

A todo el personal del Departamento Forestal, a cada uno de los profesores que durante el transcurso de mi carrera contribuyeron a mi formación. Gracias.

A mis Compañeros y amigos de Generación, Oliver Gómez, Luis Enrique Solano, José Trinidad García, Yenifer Escobar, Gerardo Ezequiel Pérez, Luis Reynaldo Montoya, Miguel Avendaño, Luis David Aceves, Eladio Cortés, Luis Enrique García, María Luisa Grimaldo, María Isabel López, Isidro David Hernández y José Oscar Manuel López, que durante toda la carrera compartimos el mismo techo, y el mismo sueño, culminar nuestra carrera, a todos ustedes gracias por tantos momentos compartidos.

A mis amigos de las diferentes carreras, que nos ayudamos mutuamente en los momentos difíciles y por compartir los malos y buenos momentos.

DEDICATORIA

A mis padres, Crescencio Jiménez Jiménez y Francisca Santiz Espinoza por el apoyo incondicional y sus valiosos consejos que me brindaron en mi formación y por darme la vida mil gracias, los llevaré siempre en mi mente y corazón.

A mis hermanos, Marcelino, Julio, Tomasa, Margarita y Rosa (†) por brindarme su apoyo, amor y por ser parte importante en mi vida, son el motivo para salir adelante los quiero con todo el corazón.

A mis cuñadas, Cristina y Margarita por el apoyo brindado durante mi formación profesional.

A mis sobrinos, Sami David, Irma América, Heriberto, Brayan Yurem, Dalia Lizbeht, Eliber Damian, Alexander, Marbi Mariola, Eliazar, Julio Cesar, María Luz, Romeo, José Luis, Hilda Arely, Nayelli de la Cruz, Floricelda, Carlos Daniel, Ana María, y Ana Marisol, por los momentos inolvidables que me han brindado, esperando ser el ejemplo de sus vidas.

A mi novia Maribel López Gómez por formar parte de mi vida, por su apoyo incondicional en todo momento y es uno de los motivos para seguir adelante. Gracias por confiar en mí.

A la familia López Gómez Sr. Martin, Sra. Reynalda, Sra. Margarita, Sr. Juanico, María Guadalupe, Ana Rosy, Lidia Maykelín, y Wilson Alexis por el apoyo y confianza que depositaron en mí y por los sabios consejos que me han brindado.

A la familia Gómez Sr. Emilio, Sra. Catalina y mi gran amigo Miguel por brindarme el apoyo y alentarme con buenos consejo en momentos difíciles.

TABLA DE CONTENIDO

	Página
ÍNDICE DE CUADROS	VI
ÍNDICE DE FIGURAS	VII
ÍNDICE DE ANEXOS	VIII
RESUMEN	IX
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Objetivos	3
1.1.1. Objetivo general.....	3
1.1.2. Objetivos específicos	3
1.2. Hipótesis.....	3
2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
2.1. Hojarasca e intercepción de lluvia.....	4
2.1.1. Definición de hojarasca	4
2.1.2. Intercepción de lluvia.....	4
2.1.3. Importancia de hojarasca	5
2.1.4. Importancia de intercepción de lluvia	6
2.2. Factores que influyen en la caída de hojarasca	6
2.2.1. Biológicos.....	6
2.2.2. Fisiográficos	7
2.2.3. Variabilidad estacional.....	7

2.2.4. Variables climáticas	7
2.3. Estudios afines.....	8
2.3.1. Hojarasca	8
2.3.2. Intercepción de lluvia.....	10
3. MATERIALES Y MÉTODOS	14
3.1. Características del área de estudio.....	14
3.1.1. Ubicación.....	14
3.1.2. Clima	14
3.1.3. Suelo.....	14
3.1.4. Temperatura.....	14
3.1.5. Precipitación	15
3.2. Descripción de especies más abundantes en el área de estudio	15
3.3. Método de campo	17
3.3.1. Tamaño y forma de los colectores	17
3.3.2. Número de colectores.....	17
3.3.3. Distribución de los colectores.....	17
3.4. Cuantificación de hojarasca	18
3.4.1. Trabajo en laboratorio	18
3.5. Cuantificación de intercepción	18
3.5.1. Colecta de lluvia bajo las copas.....	18
3.5.2. Medición de precipitación total	19
3.6. Variables ambientales	19

3.7. Obtención de datos dasométricos	20
3.8. Análisis estadístico	20
3.8.1. Hojarasca	20
3.8.2. Intercepción de lluvia.....	20
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	22
4.1. Características dasométricas de especies presentes	22
4.2. Porcentaje aportado por componentes de hojarasca	23
4.3. Deposición mensual de hojarasca y por fecha de colecta	25
4.4. Producción de hojarasca componentes: hojas, otros y total.....	27
4.5. Acumulación de hojarasca en relación con los factores climáticos.....	30
4.6. Intercepción de lluvia.....	33
4.6.1 Intercepción de lluvia en relación con los factores climáticos	35
5. CONCLUSIONES.....	37
6. LITERATURA CITADA	38
7. ANEXOS	47

ÍNDICE DE CUADROS

	Página
Cuadro 1. Características dasométricas promedio de las especies arbóreas presentes en el área de estudio UAAAN, Buenavista, Saltillo, Coahuila.....	22
Cuadro 2. Resultados de la prueba de KW para denotar diferencias estadísticas en la caída de hojas, mensualmente en un bosque de conífera, en Buenavista, Saltillo, Coahuila.	28
Cuadro 3. Resultados de la prueba de KW para denotar diferencias estadísticas en la caída del componente de hojarasca otros mensualmente, en un bosque de conífera, en Buenavista, Saltillo, Coahuila.	29
Cuadro 4. Resultados de la prueba de KW para denotar diferencias estadísticas en la caída en total mensualmente, en un bosque de conífera, en Buenavista, Saltillo, Coahuila.	30
Cuadro 5. Parámetros y estadísticos de regresión, los más significativos entre componente de hojarasca y variables climáticas, en un bosque de coníferas en Buenavista, Saltillo, Coahuila.	32
Cuadro 6. Parámetros y estadísticos de regresión, de precipitación bajo las copas, intercepción (% y mm) con precipitación total, en un bosque de coníferas en Buenavista, Saltillo, Coahuila.	35
Cuadro 7. Parámetros y estadísticos de regresión, los más significativos entre componente de hojarasca y variables climáticas, en un bosque de coníferas en Buenavista, Saltillo, Coahuila.	36

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Porcentaje de aportación por componentes en la hojarasca (hojas, ramas y otros) en un bosque de conífera, en Buenavista, Saltillo, Coahuila.	25
Figura 2. Acumulación mensual de hojarasca por componentes en un bosque de coníferas en Buenavista, Saltillo, Coahuila.....	26
Figura 3. Relación de los componentes de hojarasca con las variables climáticas en un bosque de conífera en Buenavista, Saltillo, Coahuila.	32
Figura 4. Comportamiento de precipitación bajo las copas e intercepción (mm y %) en relación con la precipitación total (mm) en un bosque de coníferas en Buenavista, Saltillo, Coahuila.	34
Figura 5. Relación de intercepción de lluvia con variables climáticas en un bosque de conífera en Buenavista, Saltillo, Coahuila.	36

ÍNDICE DE ANEXOS

	Página
Anexo 1. Datos en kg ha^{-1} de la producción por componentes de la hojarasca en un bosque de coníferas en Buenavista, Saltillo, Coahuila.	47
Anexo 2. Datos de factores climáticos mensuales, proporcionado por la estación meteorológica en Buenavista, Saltillo, Coahuila.	47
Anexo 3. Resultados de la prueba de KW (95 %), para notar diferencia estadísticamente en la caída de hojarasca entre componentes y por fecha de colecta, en un bosque de conífera, Buenavista Saltillo, Coahuila.	48
Anexo 4. Resultado de regresión lineal de acumulación de hojarasca en relación con los factores climáticos.	52
Anexo 5. Resultados de regresión lineal de intercepción con variables climáticas durante el periodo de estudio.	53
Anexo 6. Colectores utilizados para medir hojarasca e intercepción de lluvia.	54

RESUMEN

El objetivo de este estudio fue cuantificar la acumulación de hojarasca e intercepción de lluvia y la relación de éstos con factores climáticos en un bosque de coníferas en Buenavista, Saltillo, Coahuila (UAAAN), se evaluó durante un año (del 13-07-2014 al 13-08-2015), estableciendo aleatoriamente 21 colectores para medir la producción de hojarasca y precipitación bajo las copas, en una área de 0.40 ha. La colecta de hojarasca se realizó mensualmente mientras que la precipitación se midió en cada evento de lluvia. En laboratorio, la hojarasca se secó en estufa a una temperatura de 70 °C durante 72 horas, luego se separó por componentes (hojas, ramas otros). Los datos climáticos se obtuvieron de la estación meteorológica ubicada en la misma área. Para denotar diferencias en la deposición de hojarasca entre componentes y fechas de colecta se aplicó la prueba de Kruskal Wallis (KW) y regresión lineal para conocer la relación con los factores climáticos al igual en intercepción de lluvia. Los resultados indican una producción anual de hojarasca de 1746.90 kg ha⁻¹, el componente hojas aporta el 91 % de la producción total, equivalente a 1592.96 kg ha⁻¹, las ramas (6 %) y otros aportan el 3 %; la producción de hoja se correlacionó con precipitación, mientras que el componente ramas con velocidad del viento y temperatura mínima. Durante el periodo de estudio se registró una precipitación total de 479.7 mm año⁻¹, la precipitación bajo las copas (Pbc) fue de 326.2 mm año⁻¹ resultando así una pérdida por intercepción de 32 % que equivale a 151.3 mm año⁻¹. La intercepción de lluvia se correlaciona con temperatura máxima ($r = 0.0477$ y $P = 0.1698$) y evaporación ($r = 0.0573$ y $P = 0.1316$).

Palabras claves: Hojarasca, intercepción de lluvia, variables climáticas, deposición, bosque de coníferas.

1. INTRODUCCIÓN

En un suelo forestal se puede encontrar diferentes materiales provenientes de los distintos estratos de vegetación, como hojas, ramas, flores, frutos, y éstos son los que aportan nutrientes en el suelo, el conjunto de estas partes de la planta se denomina como hojarasca (Prause *et al.*, 2003).

En los ecosistemas forestales, la fracción más importante corresponde a las hojas o acículas en caso de pinos, es un componente fundamental de la productividad primaria neta, estas partes vegetales son procedentes principalmente del dosel arbóreo; la caída de hojarasca se puede decir que tiene una relación significativa entre las condiciones climáticas, principalmente la precipitación, temperatura y evapotranspiración (Prause *et al.*, 2003).

La acumulación de hojarasca es importante para mantener una buena productividad del ecosistema ya que es responsable de la fertilidad y la formación del suelo, la hojarasca constituye la vía de entrada principal de los nutrientes en el suelo y es uno de los puntos claves del reciclado de la materia orgánica y los nutrientes (Sánchez *et al.*, 2008). Para la descomposición de la materia orgánica en un ecosistema está influenciado por algunos factores climáticos, entre ellos, la humedad, temperatura, también depende de la calidad de hojarasca y la actividad de los microorganismos (Castellanos-Barliza y León, 2011).

La intercepción de lluvia por la vegetación se define como la diferencia entre la precipitación total que cae sobre el dosel y la percolación. En la literatura se registran valores de intercepción por especie arbórea entre 15 y 60 % de la precipitación. Conociendo el potencial de intercepción de una comunidad vegetal dada, podemos valorar su aporte de humedad al microclima (Prado *et al.*, 2007). El estudio de la interceptación de

la lluvia por las copas tiene gran importancia en el balance hídrico de las cuencas, se debe a que gran parte retorna a la atmósfera en forma de evaporación, también la vegetación constituye un factor regulador en los procesos hidrológicos porque actúa de barrera capaz de interceptar las precipitaciones, variando su flujo y distribución bajo el área de su cobertura (Luna-Cavazos *et al.*, 2008).

La información cuantitativa de la captura de agua por estos árboles contribuye como base para la valoración de los servicios ambientales de la vegetación natural. Gracias a dicha intercepción ésta cantidad de agua se mantiene en el ambiente otorgando a la comunidad varios beneficios ambientales bajo el marco de protección del recurso hídrico como es el mantener cierta humedad a nivel local, evitar inundaciones y generar más eventos de lluvia (Prado *et al.*, 2007). El ciclo del agua es, por tanto, un factor importante en el funcionamiento de los ecosistemas forestales, sobre todo en las regiones con déficit hídrico y limitante, como es el caso de áreas con influencia climática mediterránea. En líneas generales, la lluvia representa la fuente de agua principal en los ecosistemas terrestres, aunque en bosques una fracción significativa se elimina rápidamente por evaporación en la misma cubierta vegetal lo que se denomina "intercepción" (Santa-Regina *et al.*, 1989).

En el bosque que está alrededor de la UAAAN, Saltillo, Coahuila, hasta la fecha, no existe información sobre el proceso de caída de hojarasca e intercepción de lluvia, a pesar de la importancia que tienen estos procesos; el estudio que se realizó tiene como objetivo cuantificar la acumulación de hojarasca e intercepción de lluvia y la influencia de las variables climáticas sobre la acumulación de materia orgánica y la intercepción.

1.1. Objetivos

1.1.1. Objetivo general

Determinar la cantidad de hojarasca e intercepción de lluvia en el periodo de un año, en un bosque de coníferas y evaluar qué factores climáticos tienen más relación con ambos componentes.

1.1.2. Objetivos específicos

Cuantificar la acumulación de hojarasca y sus componentes, que se producen en un año, en el bosque de coníferas de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro en Buenavista, Saltillo, Coahuila.

Cuantificar la intercepción de lluvia que se produce en el bosque de coníferas de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro en Buenavista, Saltillo, Coahuila.

Determinar las variables climáticas que influyen en la acumulación de hojarasca e intercepción de lluvia en un bosque de coníferas en Buenavista, Saltillo, Coahuila.

1.2. Hipótesis

Ho. La caída de hojarasca e intercepción de lluvia no están influenciadas por variables climáticas en Buenavista, Saltillo, Coahuila.

Ha. La caída de hojarasca e intercepción de lluvia están influenciadas por variables climáticas en Buenavista, Saltillo, Coahuila.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Hojarasca e intercepción de lluvia

2.1.1. Definición de hojarasca

Este término hace referencia a las hojas que han caído de los árboles y cubren el suelo, en cualquier tipo de bosque, la caída de hojarasca se produce cada año en un tiempo determinado. Las hojas caídas alimentan el suelo del bosque, ya que generan humus y nutrientes que son recuperados por ellos mismos. Gracias a ellas se retornan al suelo los bioelementos necesarios para mantener su productividad. Además proporcionan alimento a los organismos que están presente en el área (Santa-Regina, 1987).

2.1.2. Intercepción de lluvia

La intercepción de lluvia por la vegetación es la diferencia entre la precipitación neta que cae sobre la copa y la percolación (volumen de agua que pasa a través de la copa), la cubierta vegetal intercepta parte de la precipitación manteniendo temporalmente sobre las hojas ramas, flores y frutos, por medio de la evaporación es devuelta a la atmósfera (Xiao, 2000; Iroume y Huber, 2000; Prado *et al.*, 2007).

Proceso por el cual la vegetación obstaculiza o detiene el flujo de la precipitación en su camino al suelo, la precipitación interceptada se conoce como precipitación incidente y cuando alcanza la vegetación queda dividida en tres flujos principales: translocación (flujo de goteo desde la cubierta vegetal hasta el suelo), escorrentía cortical (flujo de escurrimiento a través de ramas y tronco), e intercepción neta (flujo de evaporación de lluvia retenida y almacenada en la cubierta vegetal), (Belmonte y Romero, 1998).

2.1.3. Importancia de hojarasca

La caída de hojarasca es de importancia, especialmente donde la vegetación depende del reciclado de nutrientes (carbono, nitrógeno, fósforo) y otros nutrientes de la vegetación al suelo (González *et al.*, 2008).

La capa de hojarasca produce un abrigo orgánico sobre la superficie de los suelos, dando por resultado un microclima edáfico peculiar, y condiciones adecuadas para un espectro más amplio de organismos. Su descomposición contribuye a la regulación del ciclo de nutrientes y de la productividad primaria, así como al mantenimiento de la fertilidad del suelo forestal (Wang *et al.*, 2008).

González *et al.* (2008) mencionan que la importancia de la producción de hojarasca, no sólo se refiere en términos de ciclo de los nutrientes para el suelo del bosque en las comunidades de posición diferente, sino también para mantener los procesos ecológicos fundamentales y de los ecosistemas tales como formación del suelo, prevenir la erosión, mantener la fertilidad y sustratos de especies vegetales y microbianas, apoyar y sostener la vida de la fauna de invertebrados, aumentar la mineralización de materia orgánica, mejorar las propiedades físicas y químicas tales como la disponibilidad de agua del suelo y la infiltración para aumentar la absorción de nutrientes, la regeneración de plantas, el establecimiento y crecimiento de las raíces, todos ellos están relacionados entre sí e integrado para sostener y mantener la productividad de los ecosistemas y la biodiversidad.

Como proceso, la descomposición es clave para el funcionamiento de los bosques, ya que si los nutrientes son liberados rápidamente, pueden perderse por lixiviación edáfica o por volatilización, por el contrario, si la descomposición es muy lenta, el capital de nutrientes

disponible para las plantas puede ser insuficiente, y limitar el crecimiento y desarrollo (Palma *et al.*, 1998).

2.1.4. Importancia de intercepción de lluvia

La estimación de la intercepción de lluvia por el bosque es esencial para conocer o pronosticar los efectos de una cubierta vegetal sobre el rendimiento de agua en una cuenca hidrológica, así también el conocer la intercepción es muy útil en operaciones forestales como la aplicación de insecticidas, pesticidas y aplicación de retardantes de incendios las cuales son más efectivas si la vegetación intercepta y almacena mayor tiempo el líquido (Cantú y González, 2005).

Prado *et al.* (2007) mencionan que gracias a la cantidad de agua interceptada se mantiene en el ambiente, otorgando muchos beneficios a la comunidad bajo el marco de protección al recurso hídrico, como mantener la humedad a nivel local, evitar inundaciones, generar más eventos de lluvia y aporte de humedad en el microclima respaldándose para los pagos de servicios ambientales.

2.2. Factores que influyen en la caída de hojarasca

2.2.1. Biológicos

Rivera *et al.* (2013) evidenciaron que la producción de hojarasca en un acahual más joven fue mayor a comparación de otras parcelas de acahuales de mayor edad, obteniendo resultados de $5053.1 \text{ kg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ que equivale en porcentaje de 30 a 48 %. La producción de hojarasca incrementa con la edad de la parcela y con el área basal debido básicamente a que el área basal muestra el desarrollo del bosque, a mayor desarrollo, mayor producción de hojarasca (Quinto *et al.*, 2007).

2.2.2. Fisiográficos

En una plantación de *Pinus patula* Schl. et Cham en Mpumalanga Provincia de Sudáfrica, Dames *et al.* (1998) no encontraron relación significativa entre la producción de hojarasca y la altitud; sin embargo, el diámetro y la edad del rodal sí fueron determinantes en la deposición de hojarasca.

2.2.3. Variabilidad estacional

La caída de hojarasca también depende de la variabilidad estacional propia de cada especie y las variaciones interanuales relacionadas con la meteorología, generalmente, en los años secos las plantas no puede mantener toda su biomasa foliar y se incrementa la caída (Bosco *et al.*, 2004).

2.2.4. Variables climáticas

En cualquier tipo de bosque, la caída de la hojarasca se produce cada año en un tiempo determinado, de esta manera, la respuesta de una especie está evidenciada por la ocurrencia de las fases fenológicas como consecuencia de los estímulos de los elementos del clima, principalmente la temperatura y la precipitación (Santa Regina, 1989). Los vientos de gran velocidad ocasionan los mayores valores de producción de hojarasca debido al golpe de la masa de aire que ocasiona el desprendimiento de hojas de manera anticipada (Zapata *et al.*, 2007). Reyes (2010) reportó que la deposición de la hojarasca en bosques de *Pinus cembroides* Zucc., ubicados en una porción de la Sierra Madre Oriental, obedece principalmente a la temperatura máxima acumulada, velocidad máxima del viento y a la precipitación, registrándose los valores más altos en verano y los mínimos en invierno.

2.3. Estudios afines

2.3.1. Hojarasca

En un estudio realizado por Santa Regina y Gallardo (1985) en tres bosques de la sierra de Bejar (Salamanca) como es bosque de *Quercus pirenaica*, *Castanea sativa* y *Pinus sylvestris*, encontraron que la producción de hojarasca fue de 5,900 kg ha⁻¹ año⁻¹ en el Castañar, representando las hojas el 60 %; 8,600 kg ha⁻¹ año⁻¹ en el Rebollar, constituyendo las hojas el 65 %; y 8,800 kg ha⁻¹ año⁻¹ en el pinar, siendo las acículas la fracción principal (46 %), aunque también los estróbilos suponen una fracción importante (33 %).

En *Pinus sylvestris* en los Pirineos orientales, Pausas (1997) reportó que en un periodo de dos años, las hojas representan 1,764.60, ramas 402,80, corteza 467.50, flores 273.60, conos 388.30 y para el componente otros 195.00 kg ha⁻¹. La fracción de las hojas aporta entre 40 y 60 % de la hojarasca total, con un coeficiente de variación entre 5 y 20 %.

En otro estudio realizado por Nájera y Hernández (2009), reportaron que para un bosque coetáneo de *Pinus* spp., de la región del Salto, Durango, la acumulación total de hojarasca fue de 3,999.40 kg ha⁻¹ año⁻¹. El 74 % correspondió a las hojas, el 17 % a las ramas y el 9 % a los conos. El promedio mensual de aporte de hojarasca fue de 333,28 kg ha⁻¹ año⁻¹ con una desviación estándar de 247,40 kg ha⁻¹. Se estimó un aporte anual promedio por árbol de 16.70 kg ha⁻¹ año⁻¹, de los cuales 12.20 kg ha⁻¹ año⁻¹ correspondieron a las hojas, el resto lo aportan las ramas y los conos. Diciembre registró la mayor deposición de hojarasca en hojas, mientras que para las ramas y conos octubre reportó los valores más altos.

En un bosque de pino (*Pinus pseudostrobus* Lindl.) la deposición anual de la hojarasca fue de 4,407 kg ha⁻¹ año⁻¹, de la producción de hojarasca total, las hojas representaron el 74 % (Domínguez, 2009).

Pérez *et al.* (2009) reportan la producción de hojarasca en un bosque de pino-encino en el Centro-noroeste de México, encontrando que el aporte de hojarasca es de 5,993.65 kg ha⁻¹ año⁻¹, teniendo como la fracción de mayor aporte las hojas con el 60 % mientras las pequeñas ramas contribuyeron con el 20 - 30 %.

Se investigaron las fluctuaciones mensuales y anuales en la producción de hojarasca en un bosque de *Pinus radiata* durante dos años y sus interrelaciones con las precipitaciones, temperatura del aire y velocidad del viento. La producción de hojarasca en materia seca, durante el primer año fue de 369.8 y 413,1 g/m²/año, y 86.7 y 79.5 %, correspondieron a los aportes de las acículas. Los aportes de materia por las flores masculinas representaron el 6.6 y 7.1 %, mientras que los de otros (ramitas, cortezas) significaron el 6.4 y 13.0 %. Las semillas constituyeron la menor cantidad de materia seca aportada a la hojarasca con sólo el 0.3 y 0.4 % de la producción anual, respectivamente; la caída de la acícula y partes vegetales mayores, están influenciado por la velocidad del viento (Huber y Oyarzún, 1984). De igual manera Palacios-Bianchi (2002) reportan la deposición de hojarasca de la misma especie de 8,130.00 kg ha⁻¹ año⁻¹ registrándose en junio la mayor producción y la mínima en julio. La deposición por componente es de la siguiente manera: hojas (75 %), ramas (15 %), flores y frutos (7,50 %), corteza y líquenes (1 %) cada uno y las semillas (0,50 %) del peso total de la hojarasca anual.

Sánchez *et al.* (2008) realizaron un estudio de la acumulación de hojarasca en *Pinus máxima* y en un sistema silvopastoril de *Panicum maximum* cv. Likoni con *Leucaena*

leucocephala en Matanzas, Cuba. Los resultados mostraron que *P. maximum* se colectó 2.66 t MS ha⁻¹ año⁻¹ de hojarasca, mientras que la producción anual total de hojarasca en el sistema *Panicum maximum-Leucaena leucocephala* fue 12.5 t MS ha⁻¹ año⁻¹, donde *L. leucocephala* aportó 9.1 t MS ha⁻¹ año⁻¹ (72.8 %) de la hojarasca total. La hojarasca producida por la guinea en este sistema superó en 1.28 veces lo obtenido en el sistema de gramíneas en monocultivo.

Se evaluó la caída de hojarasca y la relación con algunos factores climáticos en un bosque nativo y de *Leucaena* sp., en Codazzi, Colombia, durante un periodo de 8 meses. La cantidad total de material vegetal caída en el bosque nativo fue de 16.7 t ha⁻¹ año⁻¹, considerada alta para ecosistemas forestales tropicales y en el sistema basado en *Leucaena*, se obtuvo una producción de hojarasca de 13.2 t ha⁻¹ año⁻¹; con valores máximos en los meses de diciembre (1.46 t ha⁻¹) y junio (1.49 t ha⁻¹) y los más bajos en marzo (0.57 t ha⁻¹), la producción de hojarasca solo tuvo una correlación significativa con el factor viento (Bonilla *et al.*, 2009).

2.3.2. Intercepción de lluvia

En un estudio realizado por Prado *et al.*, (2007) reportan una intercepción en un bosque de *Lysiloma microphylla* en (Querétaro, Qro), los valores que se registraron en campo van de 6 al 35 % con un promedio de 15.61 %, el cálculo de intercepción anual de lluvia en la selvas bajas es de 6.5 x 10⁹ L equivalente a 2, 600,000 tinacos de 2,500 litros.

Belmonte y Romero. (1998) reportan que en un matorral compuesto mayormente por arbustos y gramíneas perenes, la intercepción promedio en un periodo de tres años es 40.6 % en matorral y el 44.7 % para la combinación matorral-pino, lo que supone unos valores

absolutos de precipitación efectiva bajo estas cubiertas, de 52.5 mm y 47.7 mm respectivamente a lo que es el mismo, casi es el 50 % de la precipitación total.

En un bosque denominado matorral inerme espinoso, en el cual predomina *Acacia farnesiana*, en Atotonilco, Hidalgo, en un periodo de año se reporta intercepción promedio 18.6 % de la cantidad de lluvia en el periodo de lluvias evaluado. En términos prácticos, este resultado indica que en un evento de lluvia de 10 mm, 1.86 mm de lluvia se pierden, y la diferencia pasa formar parte del proceso de infiltración y esorrentía (Flores *et al.*, 2013).

En otro estudio realizado por Flores *et al.* (2016) se estudió la intercepción en tres especies, la precipitación-intercepción se registró por evento de lluvia. Las cantidades interceptadas por las copas de los árboles se expresaron en porcentajes, para cada uno de los grupos estudiados: oyamel (26.1 %), encino (21.7 %) y pino (19.2 %). De igual manera Iroume y Huber (2000) reportan la intercepción de lluvia en dos vegetaciones en condiciones diferentes, un bosque nativo y en una plantación de Pino Oregón, en el cual se reporta 350 mm y 453 mm, es decir, entre un 26 y 34 % respectivamente, de la precipitación incidente a las masas boscosas se les restaron por intercepción y evaporación al proceso de generación de esorrentías.

Un estudio realizado por Ulloa *et al.* (2001) en un bosque de pino, un bosque de roble, un cafetal bajo sombra de bosque latifoliado y un pastizal, en Yorito, Honduras, la evaluación se llevó a cabo durante seis meses (mayo a octubre), se estimó la tasa de pérdida por intercepción en los diferentes tipos de vegetación obteniendo como resultado, 64 % en intercepción total en bosque de pino, 57 % en bosque de roble y en cafetal, se observó una pérdida por intercepción muy baja en el pastizal (10 %), comparado con los bosques.

Pérez *et al.* (2015) estudiaron la variación de la intercepción en dos especies vegetales diferentes, una arbórea (*Pinus pinea*) y otra arbustiva (*Cistus ladanifer*), bajo diferentes condiciones climáticas, un total de 237 eventos de lluvia en *Pinus pinea*, mientras que en *Cistus ladanifer* fueron 200, durante cuatro años de estudio, la intercepción total durante los años de estudio fue de 616.7 mm en pino y 229.3 mm en Jara lo que representa el 29.6 % y el 17.1 % de la precipitación bruta, respectivamente. Existe una diferencia en la fracción de pérdida de intercepción de alrededor del 10 % entre ambas, lo que indica que la cantidad de agua de lluvia interceptada por el dosel varía según el tipo de vegetación.

Un estudio realizado por Návar *et al.* (2007) en cuatro especies arbustivas leguminosas del nordeste de México, obteniendo como resultado en la precipitación bajo las copas promedio para todas las especies fue de 463.21 mm, lo que representa el 88.51 % de la precipitación total. La intercepción total promedio para todas las especies fue de 59.67 mm representando el 11.41 % de la precipitación total. La intercepción fue diferente entre especies, obteniendo el mayor valor en *Acacia rigidula* (18.68 %) seguido por *Pithecellobium ébano* (13.38 %), *Acacia berlandieri* (7.63 %) y el más bajo fue *Pithecellobium pallens* (5.96 %).

Otro estudio realizado por Mateos y Schnabel. (1998), en un bosque de *Quercus rotundifolia* Lam. en la cuenca hidrográfica de Guadalperalón, España, encontraron una intercepción de 40 a 50 % de la precipitación incidente. De igual manera Yáñez-Díaz *et al.* (2014) determinaron y compararon la precipitación neta, pérdidas por intercepción, capacidad de almacenamiento del dosel, para cuatro especies. En 49 eventos de lluvia individuales sumaron un total de 978.77 mm de precipitación incidente, encontrándose que la precipitación directa para *Prosopis laevigata*, *Eucalyptus camaldulensis*, *Ebenopsis*

ebano y *Helietta parvifolia* representó 74, 85, 65 y 67 %, respectivamente. Las pérdidas por intercepción del dosel fueron estimadas en 25, 15, 34 y 33 % para *P. laevigata*, *E. camaldulensis*, *E. ebano* y *H. parvifolia*, respectivamente.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Características del área de estudio.

3.1.1. Ubicación

El área de estudio se localiza en los terrenos de la UAAAN, Buenavista, Saltillo, Coahuila, en las coordenadas 25° 21' 03" Norte y 101° 01' 30" Oeste, a una altitud de 1789 msnm, y está aproximadamente 2.5 km del área natural protegida Sierra de Zapalinamé.

3.1.2. Clima

Su clima predominante es seco semicálido, con invierno fresco, extremoso, con lluvias en verano, y una precipitación invernal superior al 10 % del total anual. La precipitación total anual varía de 350 a 400 mm. régimen de lluvias: la temporada lluviosa es de junio a octubre. El mes con lluvias más abundante es julio y marzo es el mes más seco y una precipitación invernal superior al 10 % del total anual (CONAGUA, 2010).

3.1.3. Suelo

El suelo es de textura migajón y migajón arcillosa, con bajos contenidos de materia orgánica y poseen una capa subyacente de carbonato de calcio (CETENAL, 1977).

3.1.4. Temperatura

Temperatura media anual es de 19.8 °C. Las heladas comienzan en noviembre, no son muy severas en noviembre y diciembre, son más intensas en enero (hasta – 10 °C), terminan en marzo, mes que ni son muy intensas, ni se presentan frecuentemente, en algunas ocasiones, pueden presentarse ligeras heladas en abril (CONAGUA, 2010).

3.1.5. Precipitación

En las zonas áridas y semiáridas del norte de México, en donde se ubica el estado de Coahuila, las lluvias suelen presentarse en forma errática y con grandes variaciones, ocurriendo en eventos torrenciales y abundantes durante el verano, o con baja intensidad y larga duración durante el invierno; la precipitación media anual en el sur y norte del municipio de Saltillo se encuentra en el rango de los 300 a 400 milímetros y en el centro tiene un rango de 400 a 500 milímetros; con régimen de lluvias en los meses de abril a octubre y escasas en noviembre a marzo (Martínez *et al.*, 2008).

3.2. Descripción de especies más abundantes en el área de estudio

a) *Pinus halepensis* Mill.

Árbol de 20 m de altura; tallo es macizo y tortuoso, de corteza gris rojiza y copa irregular. Estróbilos rojizo de forma oval de unos 10 cm de longitud; hojas perene en forma de aguja, de 5 a 12 cm de largo de color verde brillante; cono ovoide, de 3 a 7 cm de largo y 2.5 a 4.5 de ancho, más anchos cerca de la base, solitario, pedúnculos curvos, escamas largas, umbo obtuso y oscuro; semilla de 6 a 7 mm con ala de 20.28 mm; es una especie introducido de Europa, Asia, y África del norte (Villarreal, 2006).

b) *Cupressus arizonica* var. *arizonica*

Según Villarreal (2006) es una especie originaria del sur de EE.UU y norte de México; árbol de 20 m de altura; Tallo corteza fibrosa y agrietada, de color pardo grisáceo oscuro; hoja escamiformes de color verde grisáceo o azulado, con glándulas de resina; ápice agudo, saliente. Inflorescencias masculinas terminales, de color amarillo; cono globosos de 2.5 a 3 cm de diámetro, formados por 6 - 8 escamas. Son azulados, cuando maduran pasan

como a pardo grisáceos. Maduración bianual. Escamas con ombligos poco marcados, los conos suelen aparecer en grupos y permanecen en el árbol cerrado durante mucho tiempo

c) *Pinus cembroides* Zucc.

Rentería y García (1997) describen a *Pinus cembroides* Zucc., como un árbol de 5 a 15 m de altura, fuste menor de 30 hasta 60 cm de diámetro; corteza ligeramente engrosada de color gris; copa generalmente redondeada, de amplia cobertura, ramas de crecimiento cercano a la base, ascendentes.

Pinus cembroides forma parte de la vegetación de transición entre las formaciones xerofíticas del Altiplano Mexicano y las vertientes internas de las Sierras Madre Oriental y Occidental. El pino piñonero se asocia con bosques de *Quercus*, *Pinus*, *Pinus-Quercus*, así como con especies de matorral arbustivo, encinares y pinares de climas semidesérticos (Robert, 1977).

d) *Yucca filifera*

Planta arborescente perenes acaules con un tallo tipo estípote ramificado dicotómicos, hasta de más de 10 m de altura, las plantas viejas llegan a tener hasta 40 ramas. Hojas arrosetadas lineales o lanceoladas fibrosas o suculentas de hasta 55 cm de largo por 3 a 6 cm de ancho linear-oblancooladas, constreñidas cercas, la inflorescencia es colgante en racimos o panículas extendidas, pediceladas, pedicelos hasta de 2 a 7 cm de largo, flores trímeras con simetría radial y usualmente hermafroditas; fue descubierta alrededor de 1840 cerca de satillo en el Noroeste de México (Rzedowski, 2006).

e) *Chilopsis linearis*

Perteneciente a la familia de Bignoniaceae y conocido con el nombre común como mimbre y sauce del desierto; Árbol caducifolio de 5 a 9 m de altura y hasta 12.5 cm de diámetro; copa rala y estrecha, la corteza es de color café oscuro, delgada de 6 mm de grosor; hojas simples lanceoladas de 10 a 15 cm de largo y 1.25 cm de ancho; inflorescencia en racimos, blancas con tintes purpuras con simetría bilateral pentámeras y hermafroditas, se distribuye naturalmente desde el oeste de Texas Estados Unidos de América hasta el norte de México (Villareal, 2006).

3.3. Método de campo

3.3.1. Tamaño y forma de los colectores

Para la colecta de hojarasca se emplearon trampas o colectores de plástico de un diámetro promedio de 26.7 cm, respaldándose en estudios similares como los de Sánchez *et al.* (2008) y Domínguez (2009). La forma de los colectores consistió en recipientes semicirculares con área de captación de 559.9 cm² similar a lo propuesto por Rivera *et al.* (2013).

3.3.2. Número de colectores

Para la colecta de hojarasca, en área se colocaron 21 colectores, similar a lo propuesto por Quinto *et al.*, (2007). En otros estudios como los realizados por González *et al.*, (2008) y Domínguez (2009) utilizaron 10 colectores para una superficie de 0.25 ha.

3.3.3. Distribución de los colectores

Los colectores se distribuyeron de manera aleatoria en área de estudio, según lo propuesto por Santa Regina y Gallardo (1985); Donoso (1998) y Santa Regina (2001), así como por

estudios más recientes de Vargas-Parra y Varela (2007) y González-Rodríguez *et al.* (2013), quienes sustentaron la aplicación de esta distribución en el estudio.

3.4. Cuantificación de hojarasca

La colecta de la hojarasca se realizó en intervalos de tiempo mensuales, como ha sido sugerido Vargas-Parra y Varela (2007). La duración del estudio comprendió un año similar a lo realizado por Salas e Infante (2006), establecido el 13 de septiembre del 2014 y finalizando la última colecta el 13 de agosto del 2015. Para la colecta de la hojarasca se utilizaron bolsas de papel, vaciando lo encontrado en cada colector en esta bolsa, posteriormente, la hojarasca que se pasó a bolsas de papel, previamente etiquetadas con la fecha de colecta y número de colector, se transportaron al laboratorio para el estufado.

3.4.1. Trabajo en laboratorio

Una vez concentradas las muestras en el laboratorio por cada colecta (mensual), fueron secadas de 70 °C (Aceñolaza *et al.*, 2009; Gutiérrez *et al.*, 2012; González-Rodríguez *et al.*, 2013), por un periodo de 72 horas en una estufa de secado (Elissa) hasta obtener peso constante. Posteriormente, las muestras de cada colector se agruparon por componente, en hojas, ramas y otros (< 2.0 cm de diámetro) sugerido por Vargas-Parra y Varela (2007), y se pesaron con ayuda de una balanza analítica digital de centésimas de gramo para obtener el peso seco (g mes^{-1}) de cada componente y total.

3.5. Cuantificación de intercepción

3.5.1. Colecta de lluvia bajo las copas

En la colecta de la precipitación que alcanza el suelo a través de las copas o los claros o por goteo de las hojas, ramas y fustes, es captada por los mismos colectores usados para

hojarasca, con la diferencia que se colectó por eventos de lluvia (Cantú y González, 2005), utilizando una probeta de 250 mm para medir el volumen captado, del cual se vaciaba todo el contenido líquido, dejando solo el contenido de hojarasca. Para el cálculo de la intercepción de lluvia sobre las copas se utilizaron los datos de precipitación proporcionado por la estación meteorológica de la UAAAN, tomando como precipitación incidente contra la precipitación directa obtenida por cada evento de lluvias individuales.

La intercepción de lluvia fue cuantificada como a diferencia entre precipitación total menos aquella precipitación colectada bajo las copas (Cantú y González, 2005).

3.5.2. Medición de precipitación total

Para estimar la intercepción de lluvia y precipitación bajo las copas se necesita la precipitación total, y en este estudio ya no fue necesario, distribuir colectores para la captura de la precipitación incidente ya que los datos fueron proporcionados por la estación meteorológica instalada en la misma área de estudio (UAAAN).

3.6. Variables ambientales

Se obtuvieron los datos de temperatura media, máxima y mínima (°C), precipitación (mm), velocidad del viento (m/seg) media, evaporación (mm), humedad relativa promedio, máxima y mínima (%) estos datos fueron proporcionados por personal a cargo de la estación meteorológica ubicada en las coordenadas 25° 21' 05''norte y 101° 01' 25''oeste, Saltillo, Coahuila, (UAAAN) a una distancia de 200 m aproximadamente con el área de estudio.

3.7. Obtención de datos dasométricos

Para la obtención de los datos dasométricos se realizó un censo de todas las especies arbóreas a partir de 5 cm de diámetro en adelante, utilizando un hipsómetro para la medición de alturas, altura de fuste limpio y diámetro de copa; para la medición del diámetro normal (1.30 m) altura del pecho, se utilizó una forcípula.

3.8. Análisis estadístico

3.8.1. Hojarasca

Debido a que los datos de hojarasca no presentaron normalidad se aplicó la prueba estadística de Kruskal-Wallis (KW) a un nivel de significancia de 95 %, realizado en el Software estadístico Infostat, ésta es una prueba útil para comparar poblaciones cuyas distribuciones no son normales (Quinto *et al.*, 2007; Aceñolaza *et al.*, 2009; Gutiérrez *et al.*, 2012), con la finalidad de denotar diferencias estadísticas en la caída y acumulación de hojarasca entre fecha de colecta y diferenciar la deposición mensual.

Para determinar la relación entre la producción de hojarasca y variables climáticas se realizó una regresión lineal, usando como variables dependientes los componentes de hojarasca (kg ha^{-1}) y como variables independientes las variables climáticas (Precipitación total, velocidad del viento, humedad relativa promedio, máxima y mínima, temperatura máxima y mínima) (Ramírez-Correa *et al.*, 2007; Crespo, 2015).

3.8.2. Intercepción de lluvia

Para determinar la relación entre la intercepción de lluvia y las variables climáticas se realizó una regresión lineal, utilizando como variable dependiente la intercepción de lluvia

(mm) por evento y como independiente las variables climáticas (velocidad del viento promedio, temperatura máxima y mínima, evaporación, humedad relativa promedio, máxima y mínima) (Pérez *et al.*, 2015). Los procedimientos estadísticos se desarrollaron utilizando Infostat y el paquete SigmaPlot 10.0.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Características dasométricas de especies presentes

El estudio se realizó en un bosque de coníferas, que abarca una superficie aproximadamente de 0.40 has en total, se registraron nueve especies arbóreas en el área de estudio en el cual comprende el 55 % del género *Pinus* que consta de cuatro especies distintas, *Pinus gregii* es mayor en altura total, diámetro normal, y en diámetro de copa con 9.7 m, 21.4 cm y 6.4 m respectivamente; la especie dominante en número de árboles es *Pinus halepensis* con un total de 145 árboles de los 490 en todas las especies, con una altura promedio de 8.1 m y un diámetro normal de 11.1 cm (Cuadro 1).

Cuadro 1. Características dasométricas promedio de las especies arbóreas presentes en el área de estudio UAAAN, Buenavista, Saltillo, Coahuila.

Especies	Variables					
	N/A	Atura total (m)	Atura de fuste limpio (m)	Diámetro normal (cm)	Diámetro de copa (m)	AB (m ² /ha)
<i>Chilposas linearis</i>	31	6.3	1.7	9.2	2.2	0.61
<i>Cupresus arizonica</i>	97	6.5	1.6	9.7	2.3	2.52
<i>Juniperus saltillensis</i>	2	2.5	1.1	6.0	3.7	0.01
<i>Ligustrum japonicum</i>	2	5.3	1.5	7.3	4.0	0.02
<i>Pinus cembroides</i>	95	8.6	2.5	17.1	3.6	9.60
<i>Pinus gregii</i>	5	9.7	2.6	21.4	6.4	0.52
<i>Pinus halepensis</i>	145	8.1	2.5	11.1	2.8	4.50
<i>Pinus maximartinezii</i>	25	9.6	3.3	18.9	3.7	1.82

<i>Yucca filifera</i>	88	3.7	3.2	18.7	1.5	6.86
-----------------------	----	-----	-----	------	-----	------

Donde: N/A = número de árboles, AB = área basal.

4.2. Porcentaje aportado por componentes de hojarasca

El aporte total anual de hojarasca es de 1,746.90 kg ha⁻¹ año⁻¹ los cuales el 91 % corresponde a hojas que es uno de los componente que más aportó durante los doce meses de colecta, equivale a 1,593 kg ha⁻¹ año⁻¹ del total de hojarasca, a diferencia lo observado en hojas, las ramas y otros (material no identificado) presentaron valores muy bajos, con el 6 % en ramas y el 3 % en otros. La caída de hojas fue muy estable durante todo el año excepto el mes de abril que aportó el 99 % del total de hojarasca en ese mes, las ramas aportaron más en los meses de enero, febrero y marzo con 14, 10 y 11 % respectivamente, y el componente otros no aportó nada en los meses de diciembre, abril y agosto (Figura 1).

Estos resultados son similares a los encontrado por Gutiérrez *et al.* (2012) en un estudio realizado en una plantación de *Pinus greggii* con 92.3 % y *Pinus cembroides* con 94.3 % de la caída total. Se ha encontrado que el componente hojas es el que más aporta en la caída de hojarasca como reporta Jeong *et al.* (2009) en un estudio realizado en tres plantaciones registrando el 73.10, 70.80 y 62.90 % para *P. rigitaeda*, *P. densiflore* y *L. leptolepis*; de igual manera Pérez *et al.* (2006) obtuvieron que el componente hojas representaron el 60 % del total de la hojarasca colectada en tres plantaciones experimentales de *Pinus taeda*.

Palacios-Bianchi (2002), en un bosque Maulino fragmentado de *Pinus radiata* reporta también que el componente más importante de la hojarasca le corresponde a las hojas con el 75 % de la hojarasca anual, continuando con los componentes de ramas 15 %, flores y

frutos al 7.5 %, corteza y líquenes corresponden al 1 % individualmente y por último las semillas corresponden el 0.5 % del peso total de la hojarasca anual.

Santa Regina y Gallardo (1985) reportan un porcentaje inferior a lo obtenido en este estudio pero el componente hojas es el de mayor aporte, el estudio se realizó en un bosques de *Pinus halepensis* en la Sierra del Béjar, reportan que los valores máximos se registran en las acículas con el 46 % del total de hojarasca caída al suelo, ramas 12 %, los estróbilos 33 %, corteza 8 % y otros 1 % de la producción total anual.

Otros estudios realizados en plantaciones de *Pinus greggii* y en *Pinus cembroides* en Coahuila, México reportan un producción de hojarasca de 1,072 y 976 kg ha⁻¹ año⁻¹ respectivamente, un poco menor de los resultados obtenidos en este estudio; el componente más representativo de la hojarasca fue la hoja, con 92.3 ± 8.1 % de la caída total en *P. greggii* y 94.3 ± 3.8 % en *P. cembroides*. Los conos y ramas sólo aportaron 5.9 y 1.8 % y 2.3 y 3.3 % en *P. greggii* y *P. cembroides* respectivamente (Gutiérrez *et al.*, 2012). Al igual López-López *et al.* (2013) reportan una producción total de hojarasca en un bosque natural de *Pinus halepensis* y *Pinus cembroides* en la sierra de Arteaga, Coahuila, obteniendo una producción total de (976 y 1,072 kg ha⁻¹ año⁻¹ respectivamente) y por componentes, la hoja es el que aportó más con 59.26±18.2 de la producción total en *P. cembroides* y 79.13±29.4 % en *P. halepensis*. Ramas, conos, corteza y misceláneos aportaron 15.78, 0.74, 5.40 y 18.80 % en *P. cembroides* y 1.45, 1.12, 1.30 y 17.0 % en *P. halepensis*

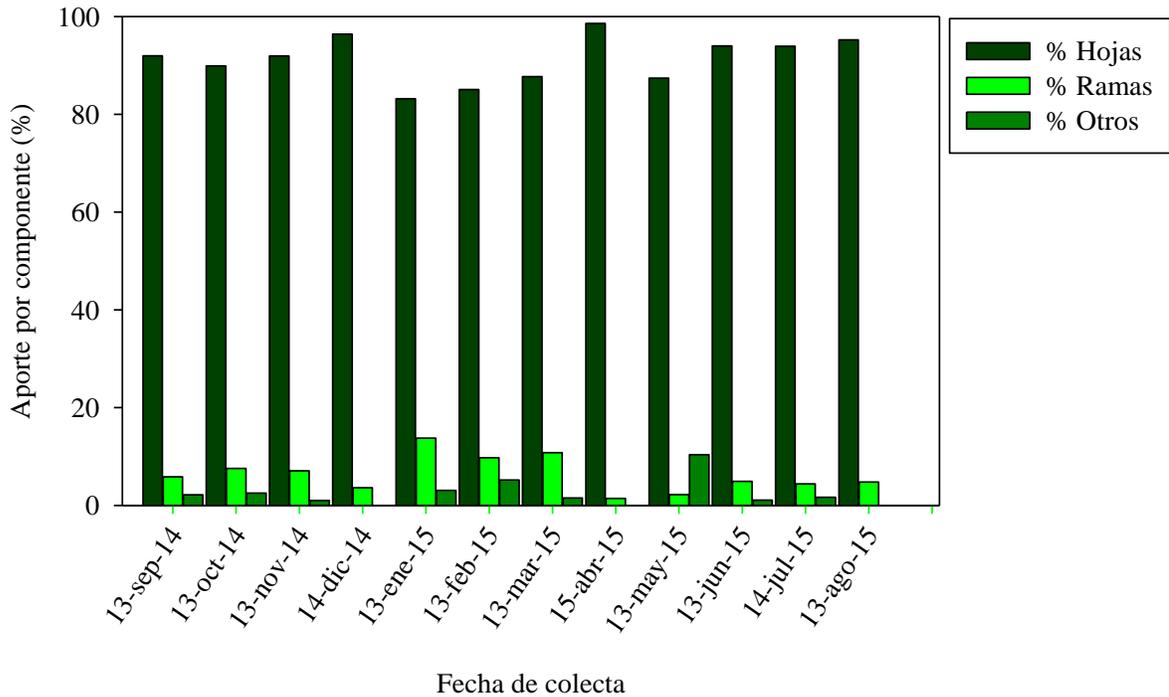


Figura 1. Porcentaje de aportación por componentes en la hojarasca (hojas, ramas y otros) en un bosque de coníferas, en Buenavista, Saltillo, Coahuila.

4.3. Deposición mensual de hojarasca y por fecha de colecta

La producción de los diferentes componentes de la hojarasca se ilustra en la Figura 2, registrando en hojas un aumento en los meses de abril a mayo con valores de 175.20 y 200.7 kg ha⁻¹ mes⁻¹. En el mes de enero es donde hay más producción del componente ramas con 22.96 kg ha⁻¹ mes⁻¹ seguido por los meses octubre y febrero con 12.76 kg ha⁻¹ mes⁻¹ en ambos meses. En el componente otros, no se registran variaciones significativas excepto el mes de mayo que se acumuló 23.81 kg ha⁻¹ mes⁻¹ teniendo en cuenta que los meses de diciembre, abril y agosto no se registró acumulación del componente otro, en total de la hojarasca el mes donde se produjo más es en el mes de mayo con un total de

229.63 kg ha⁻¹ mes⁻¹ siendo el mes de marzo el de menor producción con 55.28 kg ha⁻¹ mes⁻¹.

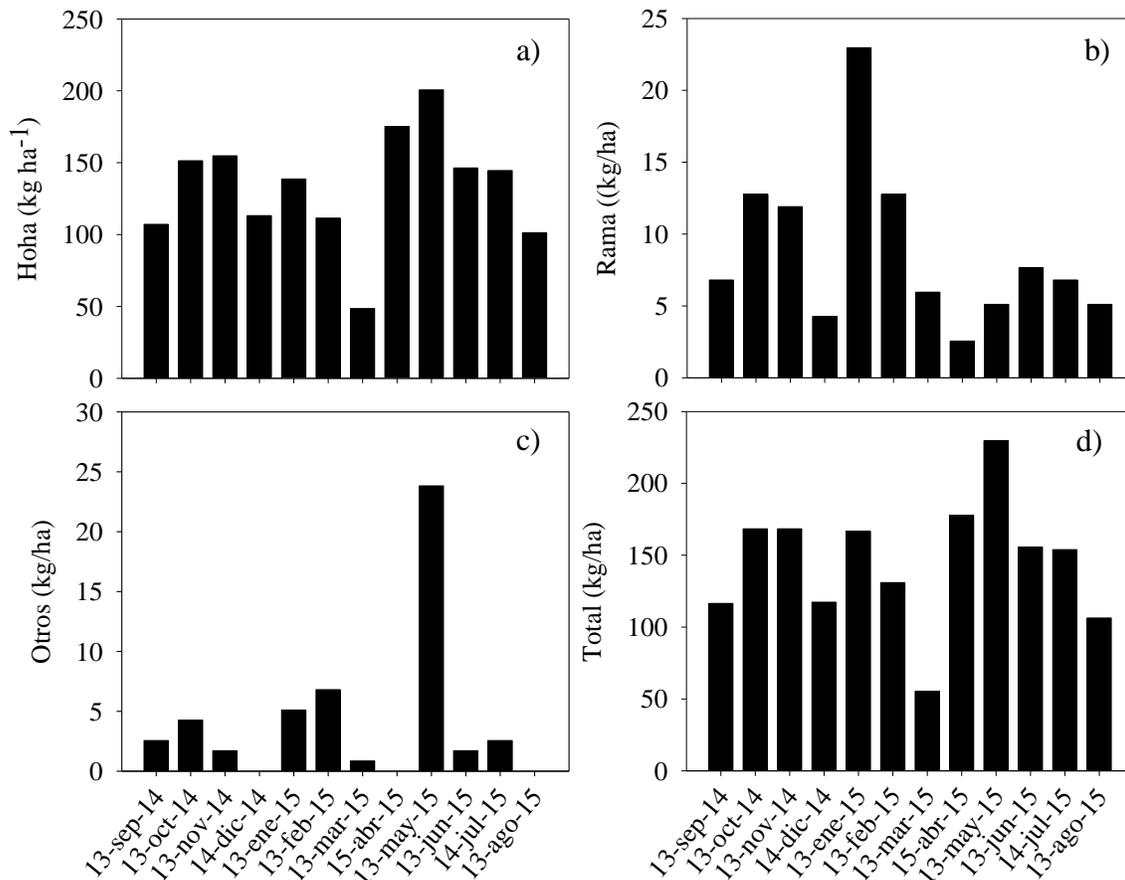


Figura 2. Acumulación mensual de hojarasca por componentes en un bosque de coníferas en Buenavista, Saltillo, Coahuila.

De acuerdo la prueba de rangos y media de KW para denotar diferencias estadísticamente significativa (95 %) entre fechas de colecta para cada uno de los componentes de hojarasca se muestran en los Cuadros 2, 3 y 4. Como se puede observar se encontraron diferencias significativas en los componentes hojas ($P = 0.0001$) y otros ($P < 0.0001$) en el cual se

observan picos en la deposición de estos componentes en primavera, y es la época donde se registró un aumento en la temperatura máxima, estos resultados son similares a los reportados por Gutiérrez *et al.*, (2012), en plantaciones de *Pinus greggii* y *Pinus cembroides* obteniendo que los aportes más importantes de hoja y hojarasca en total ocurrieron durante la primavera, con promedios de 84.71 y 77.83 kg ha⁻¹ mes⁻¹ respectivamente. De igual manera Rivera *et al.*, (2013) reportan una mayor deposición de hojas a la mitad del periodo de estudio que corresponde en primavera y que es tiempo de secas en la región selva tropical, reserva de la biósfera el Ocote en el estado de Chiapas. Por su parte González-Rodríguez *et al.*, (2013), en otro tipo de vegetación caracterizado por el pastizal halófilo, constituido por especies que se desarrollan sobre suelos con altos contenidos de sales (*Larrea tridentata*, *Rhus microphylla*, *Condalia ericoides*, *Atriplex canescens*, *Yucca filifera* y *Acacia constricta*, entre otras) reportan la mayor caída de ramas, hojas y el total en otoño (octubre y noviembre) y los resultados se relacionan con las temperaturas extremas, temperatura registradas de -8.9 °C, probablemente a estas temperaturas originaron un incremento en la acumulación de hojarasca, resultando lo contrario a lo obtenido en este estudio, que en total de la producción de la hojarasca se registró en primavera y se relacionan con la temperatura máxima y en componente ramas no hubo diferencias significativas durante los 12 meses de colecta (P = 0.9142).

4.4. Producción de hojarasca componentes: hojas, otros y total

La caída de hojas se agrupó en ocho secciones, la fecha que se registró el valor más alto de la caída de hoja es en el mes 2 y 8 (octubre y abril) con un promedio de 177.75 kg ha⁻¹ mes⁻¹, seguido por los meses 1 y 7 (septiembre y marzo) con un promedio de 163.29 kg ha⁻¹ mes⁻¹, los meses 4, 5, 9 y 10 promedian 135.23 kg ha⁻¹ mes⁻¹ y el mes con el valor más

bajo es en el mes 6 (febrero) con un rango de 60.79 y una media de 48.48 kg ha⁻¹ mes⁻¹ (Cuadro 2). En la producción del componente otros (Cuadro 3) solo se agrupó en dos secciones representado por (A y B) en el grupo A son las colectas del mes 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 10, 11 y 12 en el cual representa una media de 2.3 kg ha⁻¹ mes⁻¹, y la sección B es la colecta con más valor, que es el mes de abril con una media de 23.81 kg ha⁻¹ mes⁻¹. El componente de hojarasca total se agrupó en ocho secciones como se observa en Cuadro 4. Destacando que los meses con más producción de hojarasca fueron octubre y abril (168.39 y 229.63 kg ha⁻¹ mes⁻¹) se considera que se debe a que los mismos meses con más producción del componente hojas ya que representa el 91 % de la producción total; y el mes con menos producción, resultó igual que en la producción de hojas (febrero) con un valor total de 55.28 kg ha⁻¹ mes⁻¹.

Cuadro 2. Resultados de la prueba de KW para denotar diferencias estadísticas en la caída de hojas, mensualmente en un bosque de coníferas, en Buenavista, Saltillo, Coahuila.

Componente	Trat.	Ranks	Letras	Medias	Gl	c	h	P
Hojas	6	60.79	A	48.48	11	0.99	38.31	0.0001
	11	98.86	AB	102.21				
	3	102.71	ABC	113.11				
	12	109.98	BCD	107.16				
	5	119.71	BCDE	111.41				
	10	130.19	BCDE	144.58				
	4	136.95	BCDE	138.63				

9	140.57	BCDE	146.28
7	145.93	CDE	175.20
1	147.26	DE	151.38
2	162.05	E	154.79
8	163.00	E	200.71

Donde: Gl = Grados de libertad; C = Factor de corrección del estadístico KW por observaciones empatadas; h = Estadístico de KW no corregido por empates; P = Probabilidad de error.

Cuadro 3. Resultados de la prueba de KW para denotar diferencias estadísticas en la caída del componente de hojarasca otros mensualmente, en un bosque de coníferas, en Buenavista, Saltillo, Coahuila.

Componente	Trat.	Ranks	Letras	Medias	Gl	c	h	P
Otros	3	114.0	A	0.0	11	0.27	13.82	<0.0001
	7	114.0	A	0.0				
	11	114.0	A	0.0				
	6	119.64	A	0.85				
	2	120.05	A	1.70				
	9	120.05	A	1.70				
	10	125.69	A	2.55				
	12	125.69	A	2.55				
	5	126.60	A	6.80				
	4	126.62	A	5.10				

1	131.60	A	4.25
8	180.07	B	23.81

Cuadro 4. Resultados de la prueba de KW para denotar diferencias estadísticas en la caída en total mensualmente, en un bosque de coníferas, en Buenavista, Saltillo, Coahuila.

Componente	Trat.	Ranks	Letras	Medias	G1	c	h	P
Total	6	62.12	A	55.28	11	1.0	38.17	0.0001
	11	95.74	AB	106.31				
	3	98.43	ABC	117.37				
	12	111.10	BCD	116.52				
	10	128.93	BCDE	153.94				
	5	129.19	BCDE	130.97				
	7	139.93	CDE	177.75				
	9	140.60	CDE	155.64				
	4	141.19	CDE	166.69				
	1	148.07	DE	168.39				
	2	157.02	E	168.39				
	8	165.69	E	229.63				

4.5. Acumulación de hojarasca en relación con los factores climáticos

De acuerdo al análisis de regresión entre componentes de hojarasca y variables climáticas (precipitación, velocidad del viento, humedad relativa promedio, máxima y mínima,

temperatura máxima y mínima) se observa que existe una correlación negativa solo en tres variables (Figura 3): precipitación tuvo una correlación negativa con el componente hoja ($r = 0.1756$ y $P = 0.1750$), mientras que velocidad del viento y temperatura mínima (Figura 3B y 3C) tuvieron correlación con ramas, resultando con mayor correlación la temperatura mínima ($r = 0.364$ y $P = 0.0376$) que con velocidad del viento ($r = 0.346$ y $P = 0.0440$) (Cuadro 5). Estos resultados indican que no hay una dependencia total de las variables climáticas con la caída del componente de hojarasca (hojas y ramas).

Estudios realizados por Liu *et al.* (2004) y Gutiérrez *et al.* (2012), demostraron lo contrario, que la producción de hojarasca es dependiente de la temperatura precipitación y viento. De igual manera Reyes-Carrera *et al.* (2013) sustentan que la producción de hojarasca es dependiente de la temperatura y velocidad del viento.

Estudios realizados por Caldato *et al.* (2010) y Belmonte *et al.* (1998) en bosque con especies de *Pinus*, le atribuyen a la precipitación que es el factor que influye más a la producción de hojarasca. Huber y Oyarzun (1983) en un bosque de *Pinus radiata* de 26 años de edad, reportan que la caída de acículas y partes vegetales aparentemente no son regulados por un ciclo biológico sino que están directamente determinadas por la velocidad del viento.

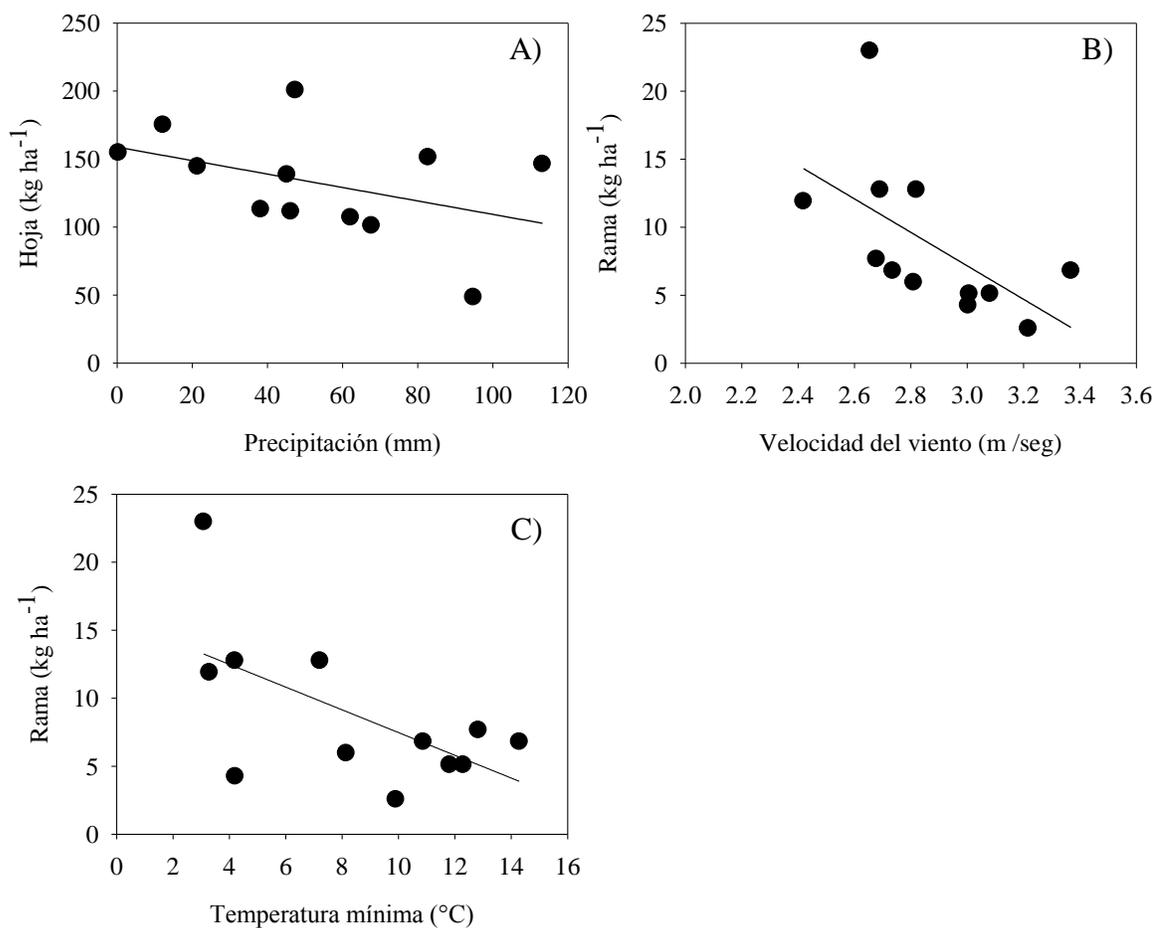


Figura 3. Relación de los componentes de hojarasca con las variables climáticas en un bosque de coníferas en Buenavista, Saltillo, Coahuila.

Cuadro 5. Parámetros y estadísticos de regresión, los más significativos entre componente de hojarasca y variables climáticas, en un bosque de coníferas en Buenavista, Saltillo, Coahuila.

Componentes	Estadísticos de regresión				
	B_0	B_1	CME	R^2	Valor de P
Hojas vs Precipitación	158.7769	-0.4947	1418.20	0.1756	0.1750

Ramas vs Viento	44.0905	-12.310	22.6024	0.3466	0.0440
Ramas vs Temp. mínima	15.8338	-0.8359	21.9861	0.3644	0.0376

4.6. Intercepción de lluvia

El análisis de 41 eventos de lluvia durante los 12 meses de colecta, los cuales sumaron un total de 479.70 mm año⁻¹ mostró que la precipitación directa (precipitación bajo las copas) representó el 68 % del total de la precipitación incidente durante el periodo de estudio (1 año), resultando así una pérdida por intercepción del dosel vegetal de 32 % con un valor de 151.30 mm. El análisis de regresión lineal en precipitación total con PBC e intercepción (mm) (Figura 4a y 4b) tuvo una correlación positiva y en precipitación total con intercepción (%) (Figura 4C) resultó una correlación negativa.

La pérdida por intercepción obtenida en este estudio se encuentra dentro de los rangos reportados en la literatura para bosques similares, Gómez *et al.* (2015) reportaron una intercepción de 34 % en un bosque de *Pinus radiata* en la Patagonia, Chilena. De igual manera Pérez *et al.*, (2015) en un bosque de *Pinus pinea* con alturas promedio de 9 m en el “Cabríl” España, reportaron una intercepción de 29.6 %.

Otros autores reportan valores ligeramente más bajos en otras condiciones diferentes y especies, Flores *et al.* (2016) indican que la intercepción de lluvia en oyamel (26.1 %), encino (21.7 %) y Pino (19.2 %). En otro estudio realizado por Cantú y González (2005) las pérdidas por intercepción del dosel vegetal fueron estimadas en 18, 15 y 22 % para las especies de *Araucaria berlandieri*, *Araucaria rigidula* y *Delonix texana* respectivamente.

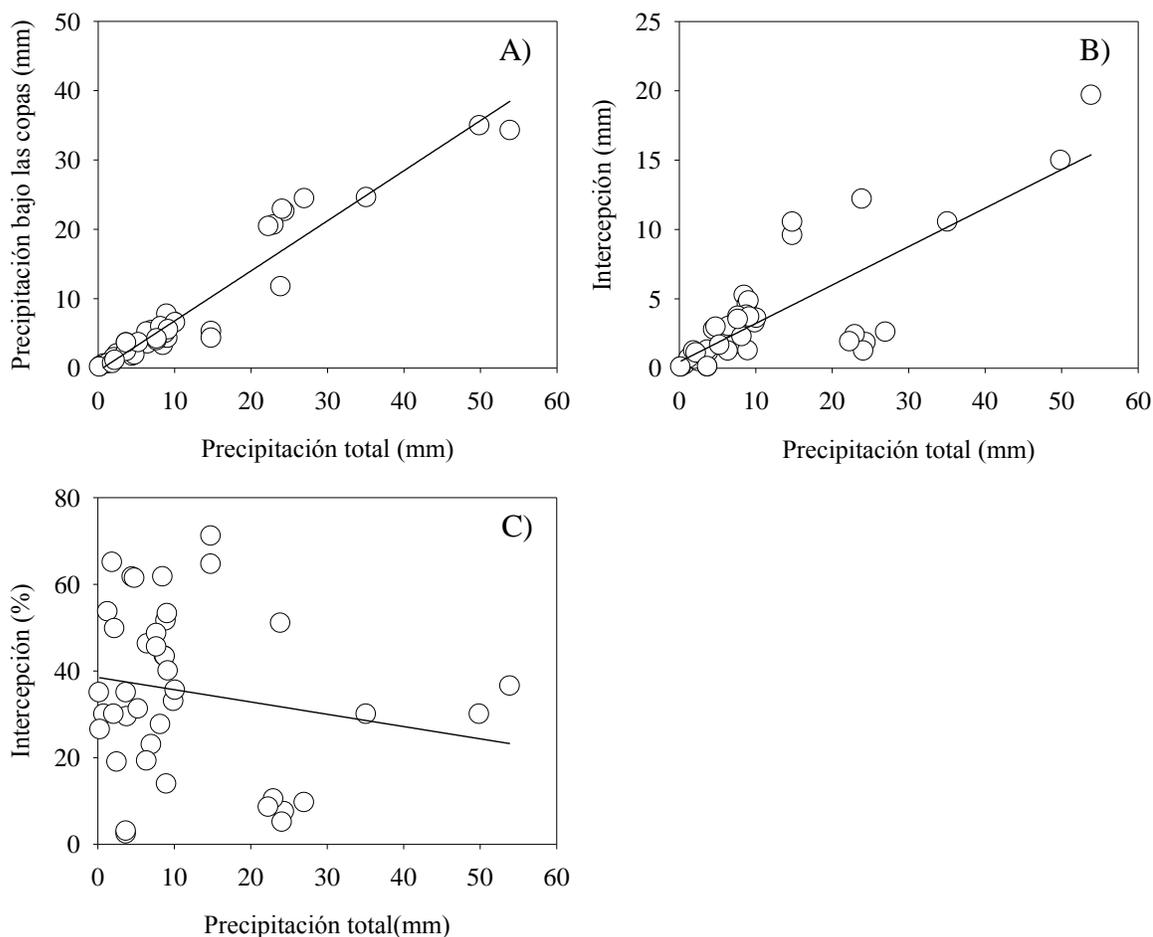


Figura 4. Comportamiento de precipitación bajo las copas e intercepción (mm y %) en relación con la precipitación total (mm) en un bosque de coníferas en Buenavista, Saltillo, Coahuila.

Los resultados obtenidos en la regresión lineal ($r = 0.9712$ y $P < 0.0001$) en precipitación total y precipitación bajo las copas ($r = 0.7955$ y $P < 0.0001$) en precipitación total e Intercepción (mm) y ($r = 0.1018$ y $P = 0.3121$) en precipitación total e intercepción (%) (Cuadro 6) indican, que entre mayor valor de precipitación incidente hay más precipitación bajo las copas, de igual manera aumenta la intercepción de lluvia (mm). Cantú y González

(2005) indican que la lluvia que alcanza el suelo no es una fracción constante de lluvia total, sino que las lluvias débiles tienden a ser más interceptadas, debido a que los componentes de la hojarasca absorben con más facilidad por la intensidad.

Cuadro 6. Parámetros y estadísticos de regresión, de precipitación bajo las copas, intercepción (% y mm) con precipitación total, en un bosque de coníferas en Buenavista, Saltillo, Coahuila.

Componentes	Estadísticos de regresión				
	B₀	B₁	CME	R²	Valor de P
Pbc vs Pt	-0.4693	0.6963	24.61	0.9712	<0.0001
I (%) vs Pt	21.1741	0.1638	447.46	0.1018	0.3121
I (mm) vs Pt	1.1655	0.2675	34.77	0.7955	<0.0001

Donde: Pbc = precipitación bajo las copas; Pt = precipitación total; I = intercepción

4.6.1 Intercepción de lluvia en relación con los factores climáticos

Respecto a los factores climáticos considerados en el estudio, se destaca que hay una correlación de intercepción de lluvia con la temperatura máxima y evaporación (Figura 5A y 5B). La correlación obtenida en Tmax vs I (mm) es $r = 0.0477$ y $P = 0.1698$ y Evap. vs I (mm) es $r = 0.0573$ y $P = 0.1316$ (Cuadro 7), indicando que si aumenta la temperatura hay una pérdida mayor en la intercepción en el cual se convierte en evaporación.

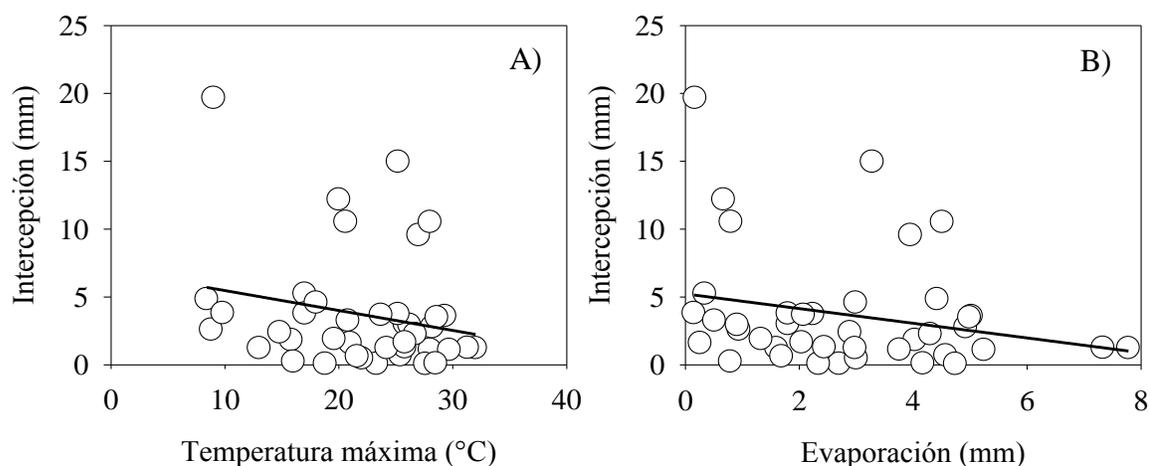


Figura 5. Relación de intercepción de lluvia con variables climáticas en un bosque de coníferas en Buenavista, Saltillo, Coahuila.

Cuadro 7. Parámetros y estadísticos de regresión, entre componente de hojarasca y variables climáticas, en un bosque de coníferas en Buenavista, Saltillo, Coahuila.

Componentes	Estadísticos de regresión				
	B_0	B_1	CME	R^2	Valor de P
Tmax. vs I	6.9403	-0.1468	18.1956	0.0477	0.1698
Evap. vs I	5.2265	-0.5408	18.0128	0.0573	0.1316

Donde: Tmax = temperatura máxima (°C); I = intercepción de lluvia (mm); Evap = evaporación (mm).

5. CONCLUSIONES

La acumulación anual de la hojarasca en un bosque de coníferas es de $1,746.90 \text{ kg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ siendo el componente hojas el más representativo con $1,593.61 \text{ kg}$ representando el 91 % de la producción total de hojarasca; las ramas y otros aportaron 104.61 y 49.33 kg respectivamente. La deposición de la hojarasca es dependiente de precipitación, velocidad del viento y temperatura máxima, los meses en que ocurrió más deposición de hojarasca fueron octubre 2014 y abril 2015. La intercepción de lluvia fue de 32 % de la precipitación total anual, equivalente a 151.30 mm , esto indica que la intercepción es un componente importante en el balance hídrico ya que reduce la cantidad de agua que llega al suelo. La intercepción de lluvia es sensible a algunos factores climáticos como la temperatura máxima, evaporación y principalmente a precipitación total. La precipitación bajo la copa fue de 328.4 mm que es el 68 % de la precipitación total. En base a estos resultados se rechaza la hipótesis nula ya que la producción de hojarasca e intercepción de lluvia, son dependiente de los factores climáticos.

6. LITERATURA CITADA

- Aceñolaza, P. G., L. P. Zamboni, J. F. Gallardo L. 2009. Aporte de hojarasca en bosque del Predelta del Rio Paraná (Argentina). *Bosque*, 30(3): 135-145.
- Belmonte S. F. y A. Romero D. 1998. La cubierta vegetal en las regiones Áridas y Semiáridas: Consecuencia de la Intercepción de la lluvia en la protección del suelo y los recursos hídricos. *Norba. Revista de geografía*, 10: 9-22.
- Belmonte, S. F., A. Romero, D., F. López, B. 1998. Producción de hojarasca en especies de matorral mediterráneo y su relación con algunos factores ambientales. *Revista Nimbus*, 1(2): 5-16.
- Bonilla, R., Roncallo B., J. Jimeno y T. García. 2008. Producción y descomposición de la hojarasca en bosques nativos y de *Leucaena* sp., en Codazzi, Cesar. *Revista Corpoica Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 9(2): 5-11.
- Bosco, I. J., J. A. Blanco, F. J. Castillo. 2004. Gestión forestal y ciclos de nutrientes en el marco del Cambio global. Ecología del bosque mediterráneo en un mundo cambiante. Organismo Autónomo Parques Nacionales. Ministerio de Medio Ambiente. EGRAF, S.A., Madrid. Pp. 479-506.
- Caldato, S. L., P. A. Flores, E. C. Serafini F. 2010. Producción y descomposición de hojarasca en la selva Ombrófila mixta en el sur de Brasil. *Bosque*, 31(1): 3-8.
- Cantú, S. I. y González. R. H. 2005. Perdidas por intercepción de la lluvia en tres especies de matorrales submontano. *Revista Ciencia Uanl*, 8(1): 80-85.

- Castellanos-Barliza, J. y J.D. León P. 2011. Descomposición de hojarasca y liberación de nutrientes en plantaciones de *Acacia mangium* (Mimosaceae) establecidas en suelos degradados de Colombia. *Revista de Biología Tropical*, 59 (1): 113-128.
- CETENAL .1977. Carta edafológica. Saltillo, Coahuila G14 C35. Escala. 1: 50,000. México.
- Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) .2010. Departamento de hidrología Operativa, Precipitación y Temperatura de la Estación Meteorológica de Buena Vista Saltillo Coahuila.
- Crespo G. 2015. Factores que influyen en el reciclaje de nutrientes en pastizales permanentes, avances en el desarrollo de su modelación. *Revista Cubana de Ciencias Agrícola*, 49(1): 1-10.
- Dames, F. J., M. C. Scholes y C. J. Straker .1998. Litter production and accumulation in *Pinus pátula* plantations of the Mpumalanga Province, South Africa. *Plant and Soil.*, 203(2): 183-190.
- Domínguez, T. G.2009. Deposición de hojarasca y retorno potencial de nutrimentos en diferentes comunidades de vegetación. Tesis de Maestría en Ciencias Forestales. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma de Nuevo León. Linares, Nuevo León, México. 132 p.
- Donoso C. 1993. Producción de semillas y hojarasca de las especies del tipo forestal alerce (*Fitzroya cupressoides*) de la Cordillera de la Costa de Valdivia, Chile. *Revista Chilena Historia Natural*, 66: 53-64.

- Farjon, A., J. A. A. P. de la Rosa J. y T. Styles B. 1997. A field guide to the pines of México and Central América. Tre Royal Botanic Gardens. Kew Publishing House. *London, Uk.* 147p.
- Flores A. E., F. Becerra L., E. Buendía R., F. Carrillo A., G. H. Terrazas G., T. Pineda O., y M. Acosta M. (2013). Intercepción de lluvia por matorral inerme espinoso en Atotonilco el Grande, Hidalgo. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 4(2): 285-298.
- Flores A. E., F. Becerra L., E. Buendía R., F. Carrillo A., G. H. Terrazas G., T. Pineda O. y M. Acosta M. 2013. Intercepción de lluvia por matorral inerme espinoso en Atotonilco el Grande, Hidalgo. *Revista Mexicana de Ciencias Agrarias*, 4(2): 285-298.
- Flores A. E., V. De la Cruz, G., G. H. Terrazas G., F. Carrillo A., F.I Gutiérrez., M. Acosta M. y E. Buendía r. 2016. Intercepción de lluvia en bosques de montaña en la cuenca del río Texcoco, México. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 7(37): 65-76.
- Gómez F., M. Tarabini, C. G. Buduba, L. La Manna. 2015. Distribución de la precipitación en un bosque de pino radiata con manejo silvopastoril vs. Forestal tradicional. *Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco*, 1: 518-521.
- González R. H., I Cantú, R.G. Ramírez, M.V. Gómez, T.G. Domínguez, J. Bravo G., R.K. Maiti. 2008. Spatial and seasonal litterfall deposition pattern in the Tamaulipan thorscrub, Northeastern México. *International Journal of Agriculture Environment and Biotechnology*. 1(4): 177-181.

- González-Rodríguez, H., R.G. Ramírez-Lozano, I. Cantú-Silva, M.M.V. Gómez-Meza, M. Cotera-Correa, A. Carrillo-Perra, J. J. Marroquín-Castillo. 2013. Producción de hojarasca y retorno de nutrientes vía foliar en un matorral desértico micrófilo en el noreste de México. *Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 19(2): 249-262.
- Gutiérrez V. M. H., J. Méndez G., C. Flores L., J. A. Ramírez D., y B. N. Gutiérrez V. 2012. Caída de hojarasca en plantaciones de *Pinus greggii* Engelm. y *Pinus cembroides* Zucc., en Coahuila, México. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 35(2): 123-133.
- Huber J. A. y C. Oyarzún C. 1984. Producción de hojarasca y sus relaciones con factores meteorológico en un bosque de *Pinus radiata* (d.don.). Proyecto RS-80-18. Dirección de Investigación y Desarrollo, Universidad Austral de Chile. *Bosque*, (5) 1: 1-11.
- Iroume A. y A. Huber .2000. Intercepción de las lluvias por la cubierta de bosques y efecto en los caudales de crecida en una cuenca experimental en Malalcahuello, IX Región, Chile. *Revista Bosque (Valdivia)*, 21(1): 45-56.
- Jeong J., C. Kim, A. Hyun-Chul, A. Hyun-Seo, C. Gap-Chul.2009. A comparison of litterfall dynamics in three coniferous plantations of identical age under similar site condition. *Journal of Ecology and Field Biology*, 32(2): 97-102.
- Liu, C., J. Westman, C., B. Berg, W. Kutsch, Z. Wang, G. R. Man y H. Ilvesniemi. 2004. Variation in litterfall- climate relationships between coniferous and broadleaf forest in Eurasia. *Global Ecology and Biogeograph*, 13(2): 105-114.

- López-López J. D., J. Méndez G., J. A. Nájera-Luna, J. Cerano-Paredes, J. D. Flores-Flores, y J. A. Najera-Castro. 2013. Producción de hojarasca en *Pinus halepensis* Mill. y *Pinus cembroides* Zucc. y su relación con algunos factores climáticos. *Revista Agrociencia*, 47(5): 497-510.
- Luna-Cavazos M, A. Romero-Manzanares y E. García-Moya. 2008. Afinidades en la flora genérica de piñonares del norte y centro de México: un análisis fenético. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 79 (2): 449-458.
- Martínez B. O. U., A. Cano P. y C. A. Berlanga R. 2008. La medición del clima y sus aplicaciones en las actividades agrícolas del estado de Coahuila. INIFAP-CIRNE. Campo experimental Saltillo. Folleto Técnico, 38: 60 p
- Mateos, A. B. y S. Schnabel. (1998). Medición de la interceptación de las precipitaciones por la encina (*Quercus rotundifolia* Lam.): Metodología e instrumentalización. *Revista Norba*, 10: 95-112.
- Nájera J.A. y E Hernández H. 2009. Acumulación de biomasa aérea en un bosque coetáneo de la región de El Salto, Durango. *Ra Ximhai*, 5 (2): 225 -230.
- Návar C.J. D. J., J. Méndez G. y H. González R. 2008. Intercepción de la lluvia en especies de leguminosas del nordeste de México. *Terra Latinoamericana*, 26(1): 61-68.
- Palacios-Bianchi P.A. 2002. Producción y descomposición de hojarasca en un bosque Maulino fragmentado. Seminario de Título, Biología Ambiental. 1-19 p.
- Palma, R.M., J. Prause, A.V. Fontanive y M.P. Jimenez. 1998. Litter fall and litter decomposition in a forest of the Parque Chaqueño Argentino. *Forest Ecology and Management*, 106(2): 205-210.

- Pausas, J.G. 1997. Litter fall and litter decomposition in *Pinus sylvestris* forests of the eastern Pyrenees. *Journal of Vegetation Science*, 8: 643-650.
- Pérez A. R., M.F. Moreno P. y J. Roldán C. 2015. Intercepción de la lluvia en individuos aislados de *Pinus pinea* y *Citrus ladanifer*: efecto de diferentes parámetros climáticos. *Jornada de Ingeniería del Agua*, 1: 1-10.
- Pérez C. A., F. Goya J., F. Bianchini, L. Frangi J. y R. Fernández. 2006. Productividad aérea y ciclo de nutrientes en plantaciones de *Pinus taeda* L. en el norte de la provincia de Misiones, Argentina. *Interciencia*, 31(11): 794-801.
- Pérez S. M., J.T. Arredondo-Moreno, E. Huber-Sanndwald, J.J. Vargas. 2009. Production and quality of senesced and green litterfall in a pine–oak forest in central-northwest Mexico. *Forest Ecology and Management*, 258: 1307-1315.
- Prado F. A., L. Sandoval H., E Ventura R. 2007. Intercepción de lluvia por *Lysiloma microphylla* en el municipio de Querétaro, Qro. *Universidad Autónoma de Querétaro*, 1:1-5
- Prause J., G. Arce de Caram., y P. Angeloni N. 2003. Variación mensual en el aporte de cuatro especies forestales nativas del Parque Chaqueño Humado Argentina. *Revista de Ciencias Forestales. Quebracho*, 10 (1): 39-45.
- Quinto M. H., Y. A. Ramos P. y D. Abadía B. 2007. Cuantificación de la caída de hojarasca como medida de la productividad primaria neta en un bosque pluvial tropical en salero, chocó, Colombia, *Revista Institucional Universidad Tecnológica del Chocó D.L.C. N° 26, chocó, Colombia*, 26(1): 28-41

- Ramírez-Correa J. A., C. M. Zapata-Duque, J. D. León-Peláez y M. I. González-Hernández. 2007. Caída de hojarasca y retorno de nutrientes en bosques montanos andinos de Piedras Blancas, Antioquia, Colombia. *Interciencia*, 32(5): 303-311.
- Rentería A.L.I. y A. García A. 1997. Las coníferas de la Reserva de la Biosfera "La Michilía", Durango, México. *Madera y Bosques*, 3(1): 53-70.
- Reyes-Carrera S. A., J. Méndez-González, J. A. Nájera-Luna, y J. Cerano-Paredes. 2013. Producción de hojarasca en un rodal de *Pinus cembroides* Zucc. en Arteaga, Coahuila, México y su relación con las variables climáticas. *Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 19(1): 147-155.
- Rivera V. R., L. Soto P., C. A. Núñez C., B. De Jung, M. G. Hernández R. y J. A. Ordeñes D. 2013. Producción y tasa de descomposición de hojarasca en Acahuals de selva caducifolia en Chiapas. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 4(20): 20-30.
- Robert, M. F. 1977. Notas sobre el estudio ecológico y fitogeográfico de los bosques de *Pinus cembroides* Zucc. en México. *Revista Ciencia Forestal*, 2(10): 49-58.
- Rzedowski, J. 2006. Vegetación de México. 1ra Edición digital, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Mexico. 504p
- Salas R. J. e A. Infante C. 2006. Producción primaria neta aérea en algunos ecosistemas y estimaciones de biomasa en plantaciones forestales. *Revista Forestal Latino*, 40: 47-70.
- Sánchez C. S., G. Crespo L., M. Hernández C. y Y. García O. 2008. Acumulación y descomposición de hojarasca en un pastizal de *Panicum maximun* y en un sistema

- silvopastoril asociado con *Leucaena leucocephala*. *Revista Zootecnia Tropical*, 26(3): 269-273.
- Santa Regina I. 2001. Litter fall, decomposition and nutrient release in three semiarid forests of the Duero basin, Spain. *Forestry*, 74(4): 347-358.
- Santa Regina I. y J. F. Gallardo. 1989. Ciclos biogeoquímicos en bosques de la Sierra de Béjar (provincia de salamanca). *Options Méditerranéennes–Série Séminaires* 3: 147-149.
- Santa Regina R I.y JF Gallardo L. 1985. Producción de hojarasca en tres bosques de la sierra de Béjar. (Salamanca). *Mediterránea Ser. Biol.*, 8. 89-101 p.
- Ulloa U. A. S., S. Rivera R. y B. Barbier. 2001. *Intercepción de la lluvia por cuatro tipos de cobertura vegetal en la cuenca del Rio Jalapa, Yorito, Deoartamento de Yoro, Honduras*. Escuela Nacional de ciencias Forestales, Siguatepeque, (Honduras), 13(2): 73-83.
- Vargas-Parra L. y Varela A. 2007. Producción de hojarasca en un bosque de niebla en la reserva natural La Planada (Nariño, Colombia). *Revista de la Facultad de Ciencias*, 1(12): 35-49.
- Villarreal Q. J. A.2004. Introducción a la botánica forestal. 2^a edición. Trillas Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”. México, p. 60.
- Wang Q., S Wang, Y Huang. 2008. Comparisons of litterfall, litter decomposition and nutrient return in a monoculture *Cunninghamia lanceolata* and a mixed stand in southern China. *Forest Ecology and Management*, 255(3): 1210-1218.

- Xiao Q., E. G. McPheterson, S. L. U. Grismer. 2000. A new approach to modeling tree rainfall interception. *Journal of Geophysical Research*, 105(23): 29-173.
- Yáñez-Díaz, M. I., I. Cantú-Silva, H. González-Rodríguez, y J.I. Uvalle-Sauceda. 2014. Redistribución de la precipitación en tres especies arbustivas nativas y una plantación de eucalipto del noreste de México. *Tecnología y Ciencias del Agua*, 5(2): 71-84.
- Zapata D. C. M., J. A. Ramírez, J. D. León P. y M. I. González H. 2007. Producción de hojarasca fina en bosques de *Quercus humboldtii*, *Pinus patula* y *Cupressus lusitánica* de Antioquia, Colombia. *Revista. Facultad Nacional de Agronomía*, 60(1): 3371-3784.

7. ANEXOS

Anexo 1. Datos de la producción por componentes de la hojarasca en un bosque de coníferas en Buenavista, Saltillo, Coahuila.

Fecha	Hojas (kg ha⁻¹)	Ramas (kg ha⁻¹)	Otros (kg ha⁻¹)	Total (kg ha⁻¹)
13-sep-14	107.16	6.80	2.55	116.52
13-oct-14	151.39	12.76	4.25	168.40
13-nov-14	154.79	11.91	1.70	168.40
14-dic-14	113.11	4.25	0.00	117.37
13-ene-15	138.63	22.96	5.10	166.70
13-feb-15	111.41	12.76	6.80	130.97
13-mar-15	48.48	5.95	0.85	55.28
15-abr-15	175.20	2.55	0.00	177.75
13-may-15	200.71	5.10	23.81	229.63
13-jun-15	146.28	7.65	1.70	155.64
14-jul-15	144.58	6.80	2.55	153.94
13-ago-15	101.21	5.10	0.00	106.31
Total	1592.96	104.61	49.33	1746.90

Anexo 2. Datos de factores climáticos mensuales, proporcionado por la estación meteorológica en Buenavista, Saltillo, Coahuila.

Mes	PP.(mm)	Vv. (m/s)	Hr. Prom	Hr. Max	HR. min	T. máx.	T. mín.
Sep-2014	62.10	2.74	75.52	92.06	54.81	23.97	10.88

Oct-2014	82.70	2.69	71.42	90.68	48.84	21.42	7.21
Nov-2014	0.30	2.42	63.00	82.58	41.10	18.78	3.29
Dic-2014	38.20	3.00	64.13	88.29	41.58	19.15	4.21
Ene-2015	45.20	2.65	69.16	90.71	46.13	18.05	3.09
Feb-2015	46.20	2.82	62.35	77.16	42.19	18.36	4.19
Mar2015	94.80	2.81	68.29	90.87	44.23	22.88	8.15
Abr-2015	12.20	3.22	53.90	81.84	34.87	25.84	9.91
May2015	47.40	3.08	68.55	96.61	41.42	28.08	11.82
Jun-2015	113.20	2.68	73.32	93.03	48.52	26.26	12.83
Jul-2015	21.40	3.37	58.52	81.81	36.58	30.26	14.28
Ago-2015	67.70	3.01	63.29	87.52	38.68	28.41	12.29
Promedio		2.87	65.95	87.76	43.24	23.46	8.51
Total	631.40						

Donde: Pp. = Precipitación total (mm), Vv. = Velocidad del viento promedio (m/seg), Hr. = Humedad relativa (%), T = Temperatura (°C).

Anexo 3. Resultados de la prueba de KW (95 %), para notar diferencia estadísticamente en la caída de hojarasca entre componentes y por fecha de colecta, en un bosque de conífera, Buenavista Saltillo, Coahuila.

Componente	Mes	N	Medias	D.E.	Medianas	gl	C	H	p
Hoja (kg ha⁻¹)	1 (Sep.)	21	151.38	94.1	142.88	11	0.99	38.31	0.0001
	2 (Oct.)	21	154.79	45.3	142.88				
	3 (Nov.)	21	113.11	122.75	89.3				
	4 (Dic.)	21	138.63	93.64	125.02				
	5 (Ene.)	21	111.41	75.75	107.16				
	6 (Feb.)	21	48.48	49.61	35.72				

7 (Mar.)	21	175.2	137.61	107.16
8 (Abr.)	21	200.71	150.8	178.6
9 (May.)	21	146.28	97.6	125.02
10 (Jun.)	21	144.58	130.87	107.16
11 (Jul.)	21	101.21	106.31	89.3
12(Agos.)	21	107.16	90.01	89.3

Donde: N = Número de observaciones; D.E. = Desviación Estándar; gl = Grados de libertad; C = Factor de corrección del estadístico KW por observaciones empatadas; H = Estadístico de KW no corregido por empates; P = Probabilidad de error.

Mes	Medianas	Rango	Grupos
6	35.72	60.79	A
11	89.3	98.86	AB
3	89.3	102.71	ABC
12	89.3	109.98	BCD
5	107.16	119.71	BCDE
10	107.16	130.19	BCDE
4	125.02	136.95	BCDE
9	125.02	140.57	BCDE
7	107.16	145.93	CDE
1	142.88	147.26	DE
2	142.88	162.05	E
8	178.6	163	E

Componente	Mes	N	Medias	D.E.	Medianas	gl	C	H	p
Ramas(kg/Ha)	1	21	12.76	31.01	0	11	0.4	2.11	0.9142
	2	21	11.91	32.61	0				
	3	21	4.25	12.51	0				

4	21	22.96	48.3	0
5	21	12.76	36.66	0
6	21	5.95	20.62	0
7	21	2.55	8.54	0
8	21	5.1	19.68	0
9	21	7.65	15.54	0
10	21	6.8	22.22	0
11	21	5.1	11.5	0
12	21	6.8	20.73	0

No hubo diferencias en medianas y no hay clasificación por grupos

Componente	Mes	N	Medias	D.E.	Medianas	gl	C	H	p
Otros (kg/ha)	1	21	4.25	12.51	0	11	0.27	13.82	<0.0001
	2	21	1.7	7.79	0				
	3	21	0	0	0				
	4	21	5.1	16.12	0				
	5	21	6.8	24.28	0				
	6	21	0.85	3.9	0				
	7	21	0	0	0				
	8	21	23.81	33.57	17.86				
	9	21	1.7	7.79	0				
	10	21	2.55	8.54	0				
	11	21	0	0	0				
	12	21	2.55	8.54	0				

Mes	Medianas	Rango	Grupos
3	0	114	A
7	0	114	A
11	0	114	A
6	0	119.64	A

2	0	120.05	A
9	0	120.05	A
10	0	125.69	A
12	0	125.69	A
5	0	126.6	A
4	0	126.62	A
1	0	131.6	A
8	17.86	180.07	B

Componente	Mes	N	Medias	D.E.	Medianas	gl	C	H	p
Total (kg/ha)	1	21	168.39	107.69	142.88	11	1	38.17	0.0001
	2	21	168.39	66.72	160.74				
	3	21	117.37	123.81	89.3				
	4	21	166.69	123.52	142.88				
	5	21	130.97	78.12	142.88				
	6	21	55.28	60.8	35.72				
	7	21	177.75	141.93	107.16				
	8	21	229.63	170.03	178.6				
	9	21	155.64	94.87	142.88				
	10	21	153.94	138.63	107.16				
	11	21	106.31	109.58	89.3				
	12	21	116.52	91.18	107.16				

Mes	Medianas	Rango	Grupos
6	35.72	62.12	A
11	89.3	95.74	AB
3	89.3	98.43	ABC
12	107.16	111.1	BCD
10	107.16	128.93	BCDE
5	142.88	129.19	BCDE
7	107.16	139.93	CDE

9	142.88	140.6	CDE
4	142.88	141.19	CDE
1	142.88	148.07	DE
2	160.74	157.02	E
8	178.6	165.69	E

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Anexo 4. Resultado de regresión lineal de acumulación de hojarasca en relación con los factores climáticos.

Componentes vs variables climáticas	Estadísticos de regresión				
	B_0	B_1	CME	R^2	Valor de p
Hoja vs Pp.	158.7769	-0.4947	1418.20	0.1756	0.1750
Hoja vs Vv.	58.5357	25.8269	1667.64	0.0306	0.5861
Hoja vs Hr. Prom	211.2734	-1.1906	1659.36	0.0354	0.5576
Hoja vs Hr. Max	93.9368	0.4422	1713.35	0.0041	0.8430
Hoja vs Hr. Min	206.1155	-1.6966	1619.89	0.0584	0.4490
Hoja vs Tmax	83.4016	2.1037	1629.20	0.0530	0.4715
Hoja vs T min.	120.1522	1.4794	1680.93	0.0229	0.6383
Ramas vs Pp.	8.8811	-0.0031	34.58	0.0003	0.9542
Ramas vs Vv.	158.7769	-0.4947	1418.20	0.1756	0.1750
Ramas vs Hr. Prom	-7.8437	0.2511	31.88	0.0785	0.3777
Ramas vs Hr. Max	12.0069	-0.0375	34.54	0.0015	0.9059
Ramas vs Hr. Min	-5.7787	0.3352	30.67	0.1134	0.2844
Ramas vs Tmax	27.6277	-0.8062	21.19	0.3872	0.0307
Ramas vs T min.	15.8338	-0.8359	21.98	0.3644	0.0376

Otros vs Pp.	4.4657	-0.0067	47.36	0.0011	0.9154
Otros vs Vv.	-4.6921	3.0636	46.68	0.0157	0.6984
Otros vs Hr. Prom	-9.9464	0.2131	45.47	0.0413	0.5266
Otros vs Hr. Max	-35.8378	0.4552	39.93	0.1580	0.2007
Otros vs Hr. Min	3.3016	0.0187	47.41	0.0003	0.9605
Otros vs Tmax	-2.0582	0.2630	46.00	0.0301	0.5900
Otros vs T min.	2.4602	0.1939	46.75	0.0143	0.7113
Total vs Pp.	172.1237	-0.5046	1816.37	0.1475	0.2177
Total vs Vv.	97.9342	16.5800	2109.00	0.0102	0.7547
Total vs Hr. Prom	193.4833	-0.7264	2108.02	0.0107	0.7494
Total vs Hr. Max	70.1061	0.8599	2104.01	0.0125	0.7289
Total vs Hr. Min	203.6384	-1.3427	2067.79	0.0295	0.5932
Total vs Tmax	108.9712	1.5606	2080.56	0.0236	0.6339
Total vs T min.	138.4463	0.8374	2118.10	0.0059	0.8119

Los valores de P en negrita son los que tienen una correlación significativa. Donde: Pp. = Precipitación total (mm); Vv = Velocidad del viento (m/seg); Hr = Humedad relativa (%); T = Temperatura (°C).

Anexo 5. Resultados de regresión lineal de intercepción con variables climáticas durante el periodo de estudio.

Intercepción Vs Variables climáticas	Estadísticos de regresión				
	B₀	B₁	CME	R²	Valor de p
Pp. Vs I.	0.4439	0.2774	6.91	0.6378	3.9185
Vv. Vs I.	6.3188	-0.9588	18.59	0.0267	0.3071

Tmax. Vs I.	6.9403	-0.1468	18.19	0.0477	0.1698
Tmin. Vs I.	5.0351	-0.1475	18.70	0.0209	0.3670
Evap. Vs I.	5.2265	-0.5408	18.01	0.0573	0.1316
Hr. Prom Vs I.	0.5155	0.0391	18.73	0.0193	0.3862
Hr.máx Vs I.	8.8320	-0.0524	18.89	0.0112	0.5096
Hr.mín Vs I.	1.6544	0.0354	18.42	0.0356	0.2372

Los valores de p en negrita son los que tienen una correlación significativa.

Anexo 6. Colectores utilizados para medir hojarasca e intercepción de lluvia.

