

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO FORESTAL



Acumulación de Hojarasca en *Pinus halepensis* Mill. y *Pinus cembroides* Zucc. y su

Relación a Variables Climáticas

Por:

JOSÉ DAMIÁN LÓPEZ LÓPEZ

Tesis

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO FORESTAL

Saltillo, Coahuila, México

Diciembre de 2012

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO FORESTAL

Acumulación de Hojarasca en *Pinus halepensis* Mill. y *Pinus cembroides* Zucc. y su

Relación a Variables Climáticas

Por:

JOSÉ DAMIÁN LÓPEZ LÓPEZ

Tesis

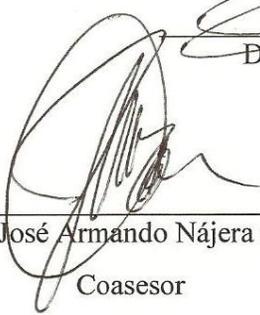
Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO FORESTAL

Aprobada


Dr. Jorge Méndez González

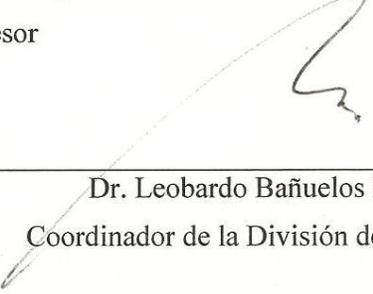
Asesor Principal


M. C. José Armando Nájera Castro

Coasesor


M. C. Jorge David Flores Flores

Coasesor


Dr. Leobardo Bañuelos Herrera
Coordinador de la División de Agronomía

Saltillo, Coahuila, México
Diciembre de 2012



Coordinación
División de Agronomía

AGRADECIMIENTOS

A Dios, Todo Creador, por darme la oportunidad de ser alguien en la vida, para ejercer mi carrera honestamente, ayudar los que necesiten de mí como profesional.

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro por darme la oportunidad de seguir preparándome profesionalmente incluyéndome en el difícil camino de mi preparación como ingeniero.

Al Dr. Jorge Méndez González, mis más sincero agradecimiento por su apoyo en la elaboración de la tesis, y por los consejos que me brindó.

Al Ing. Armando Nájera Castro e Ing. Jorge David Flores Flores por el valioso tiempo que brindaron en la revisión de la presente investigación

A todos los Ingenieros del Departamento Forestal, por ser parte de mi preparación como profesionista, y compartir sus conocimientos.

DEDICATORIA

A mis padres Sr. Cristino López Juárez, Sra. Deonicia López Lara por su apoyo, incondicional en mi formación como persona y sus valiosos consejos. Mil gracias por darme la vida y compartir esta felicidad con ustedes, siempre los llevo en mi corazón.

A mis hermanos Anares de Jesús, Cristino y Mariela López López, por sus consejos, cariños y amor que me brindaron durante mi vida, también fueron un motivo para superarme.

A mis abuelitos Enrique López Hernández (+), Hermelinda Juárez Moreno (+), Paulino López López (+) y Carmen Lara Hernández (+).

A la Familia Sosa Flores, por brindarme su apoyo incondicionalmente y ser parte de mi vida.

A mi novia Viviana Sosa Flores, por estar conmigo todo este tiempo y por su apoyo incondicional.

INDICE

RESUMEN	1
I.- INTRODUCCIÓN	2
Objetivos	3
Hipótesis	3
II.- REVISIÓN DE LITERATURA	4
Importancia	4
Variables climáticas	4
Estudios	5
Descripción de especies	5
III.- MATERIALES Y MÉTODOS	7
Cuantificación de hojarasca	8
Datos climáticos	8
Análisis estadístico	9
IV.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN	10
Caída de hojarasca total	11
Caída de hojas	12
Caída de ramas	12
Caída de corteza	13
Caída de otros componentes	13
Relación de hojarasca con factores climáticos	18
Deposición temporal de hojarasca	20
V.- CONCLUSIONES	23
VI.- REFERENCIAS	24
VII.- APÉNDICE	30

INDICE DE FIGURAS

- Figura 1.** Porcentaje de aportación de componentes en la hojarasca (hojas, ramas, conos y otros) en bosque natural de *Pinus cembroides* Zucc. (A) y plantación de *Pinus halepensis* Mill. (B), en Arteaga, Coahuila, México. _____ 11
- Figura 2.** Acumulación de componentes de hojarasca durante el periodo de estudio en un bosque natural de *Pinus cembroides* Zucc. y plantación de *Pinus halepensis* Mill. en Arteaga, Coahuila, México. Cada valor representa media \pm intervalo de confianza (95 %), (n = 30 en *Pinus cembroides* Zucc. y n = 10 en *Pinus halepensis* Mill.) *= Indica diferencias estadísticas ($P < 0.05$) (KW) en la deposición de componentes entre colecta y especie. _____ 15
- Figura 3.** Acumulación de componentes de hojarasca durante el periodo de estudio en bosque natural de *Pinus cembroides* Zucc. y plantación de *Pinus halepensis* Mill. en Arteaga, Coahuila, México. b) distribución geográfica en México de *Pinus cembroides* Zucc. _____ 16
- Figura 4.** Relación entre número de hojas (A) y peso (B) de estas en *Pinus cembroides* Zucc. (Pc) y *Pinus halepensis* Mill. (Ph) en Arteaga, Coahuila, México. _____ 17

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Características dasométricas promedio del bosque natural de <i>Pinus cembroides</i> Zucc. y de la plantación de <i>Pinus halepensis</i> Mill. _____	7
Cuadro 2. Resultados de la prueba de Kruskal Wallis (95%) para denotar diferencias estadísticas en la caída de hojarasca en bosque natural de <i>Pinus cembroides</i> Zucc. Y en una plantación de <i>Pinus halepensis</i> Mill. en Arteaga, Coahuila, México. _____	14
Cuadro 3. Análisis de correlación lineal entre componentes de hojarasca y variables climáticas en un bosque de <i>Pinus cembroides</i> Zucc. y una plantación de <i>Pinus halepensis</i> Mill., en Arteaga, Coahuila, México. _____	19
Cuadro 4. Resultados de la prueba de Kruskal Wallis (95 %) para denotar diferencias estadísticas en la caída de hojarasca durante el verano e invierno (boreal) en <i>Pinus cembroides</i> Zucc. y en <i>Pinus halepensis</i> Mill. en Arteaga, Coahuila, México. _____	21
Cuadro 5. Resultados de la prueba de Kruskal Wallis (95 %) para denotar diferencias estadísticas en la caída de hojarasca durante periodo Lluvioso y Seco en <i>Pinus cembroides</i> Zucc. y <i>Pinus halepensis</i> Mill. en Arteaga, Coahuila, México. _____	22
Apéndice 6. Resultados de prueba de Kruskal Wallis (95%) para notar diferencias estadísticas en la caída de hojarasca y entre especies/colecta en un bosque de <i>Pinus cembroides</i> Zucc., una plantación de <i>Pinus halepensis</i> , en Arteaga, Coahuila, México. _____	30

**Acumulación de Hojarasca en *Pinus halepensis* Mill. y *Pinus cembroides* Zucc. y su
Relación a Variables Climáticas**

RESUMEN

La presente investigación se realizó con el objetivo de cuantificar la caída de hojarasca en dos condiciones, bosque de *Pinus cembroides* Zucc. y plantación de *Pinus halepensis* Mill. en la Sierra de Arteaga, Coahuila, México. Para coleccionar la hojarasca se construyeron trampas de madera 1 m², con malla metálica de 1 mm x 1 mm. Las colectas se realizaron mensualmente durante un año (Marzo 2010 – Febrero 2011), usando 30 trampas para *Pinus cembroides* y 10 para *Pinus halepensis*, distribuidas aleatoriamente. La prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis (95 %) se usó para detectar diferencias estadísticas en la caída de componentes de hojarasca (hojas, ramas, corteza y otros), entre especies y fechas de colecta. Se realizó análisis de correlación paramétrica (95 %) para evaluar la relación entre caída de hojarasca y variables climáticas. Los promedios de caída de hojarasca fueron estadísticamente más altos ($P < 0.0001$) en *P. halepensis* Mill. ($27.21 \pm 22.11 \text{ g m}^{-2} \text{ mes}^{-1}$) que en *P. cembroides* Zucc. ($8.19 \pm 10.75 \text{ g m}^{-2} \text{ mes}^{-1}$), es decir 2,697.41 y 922.75 kg ha⁻¹ año⁻¹ respectivamente. Los resultados indican que la caída de hojarasca es dependiente de la especie, densidad de arboles y de variables climáticas, como precipitación, temperatura máxima, temperatura mínima, así como también del periodo del año.

Palabras clave: Hojarasca, Kruskal-Wallis, Clima, Deposición, Materia orgánica.

I.- INTRODUCCIÓN

Bray y Gorham (1964) evidenciaron la importancia de la “caída de hojarasca”, investigadores en varias partes del mundo han enfocado sus estudios en este tema.

Prause et al. (2003) mencionan que la producción de hojarasca representa un componente fundamental de la productividad primaria neta en ecosistemas arbóreos. La hojarasca se compone de hojas, ramas, flores, inflorescencias, frutos y otras estructuras de la planta que aportan nutrientes a los suelos forestales (Meentemeyer *et al.*, 1982; Pausas, 1997; Arunachalam *et al.*, 1998), su descomposición juega un papel importante en la mantención de la productividad de los ecosistemas forestales (Prusinkiewicz y Bigos, 1978; Ballard y Will, 1981). La producción y descomposición de hojarasca son procesos en los que la materia orgánica se deposita y reduce en sus elementos constituyentes, ambos procesos regulan la cantidad y contenido bioquímico de la materia orgánica producida en un ecosistema (Aber y Melillo, 1991) y son responsables de la formación de sustancias húmicas que contribuyen a la calidad y fertilidad del suelo (Berg y McLaugherty, 2008).

La cantidad y naturaleza de la hojarasca tiene una relación importante con la formación del suelo y mantenimiento de su fertilidad, de ahí que tanto la cuantificación de su producción como su composición sean importantes para comprender los ciclos de elementos en los bosques (Rai y Proctor, 1986).

OBJETIVOS

- Cuantificar la cantidad de hojarasca que se incorpora al suelo en un bosque natural de *Pinus cembroides* Zucc. y en una plantación de *Pinus halepensis* Mill.
- Determinar las variables climáticas que influyen en la acumulación de ésta.
- Determinar que especie fue mayor en la acumulación.

HIPÓTESIS

Ho. Las variables climáticas no influyen en la deposición de hojarasca en las dos especies de estudio.

Ha. Las variables climáticas si influyen en la deposición de hojarasca en las dos especies de estudio.

II.- REVISIÓN DE LITERATURA

Importancia

La caída de hojarasca es un mecanismo muy importante en el ciclo de nutrientes, que determina la renovación y entrada de materia orgánica al suelo (Bray y Gorham, 1964). Gran parte de la materia orgánica del suelo (MOS) deriva de la humificación de los residuos orgánicos que llegan al suelo tras su abscisión de estructuras vegetales que conforman la hojarasca. Esta MOS, tras su mineralización, libera bioelementos que pueden ser reabsorbidos por las plantas, contribuyendo así al ciclo biogeoquímico. Esta liberación de nutrientes, por tanto, está determinada, en última instancia, por las características genéticas de las especies, la variación anual de la composición de la hojarasca, sus propiedades físico - químicas y por las condiciones ambientales, determinando el ritmo de cesión de nutrientes en cada ecosistema forestal. En este contexto, el análisis del aporte de hojarasca al suelo constituye una forma apropiada de estimar la productividad forestal (Santa Regina *et al.*, 1991; Haase, 1999, Carnevale y Lewis, 2001; Zamboni y Aceñolaza. 2004).

Variables climáticas

La productividad y la deposición de hojarasca están influenciadas principalmente por factores climáticos como precipitación, temperatura y humedad (Waide *et al.*, 1999). Donde los patrones estacionales de la producción de hojarasca son determinados principalmente por el comportamiento funcional de las especies vegetales, si bien hay una influencia notable de factores climáticos, edáficos, topográficos y de la propia estructura del bosque (González y Gallardo, 1982). Su producción se relaciona generalmente con la calidad productiva de la localidad (Albrektson, 1988). Varios estudios (Berg y Meentemeyer, 2001; Bosco *et al.*, 2004;

Liu *et al.*, 2004; Gutiérrez *et al.*, 2012) evidencian la producción de hojarasca con relaciones en precipitación, temperatura, características del dosel, e incluso con humedad relativa y viento (Tanner, 1980).

Estudios

La variación de la deposición de hojarasca es dependiente de la especie, altitud y periodos del año. Por ejemplo, Will (1959), en bosques de *P. radiata* de 28 años de edad en Rotorua (Nueva Zelanda) estimó una producción anual de 420 g m^{-2} en acículas y 200 g m^{-2} en los demás componentes, mostrando un marcado ciclo anual con máximo en otoño (marzo) en la caída de acículas. Gutiérrez *et al.* (2012) reportaron un total de 2.98 ± 5.18 y $2.71 \pm 6.01 \text{ g m}^{-2} \text{ mes}^{-1}$ en *Pinus greggii* y *Pinus cembroides*, equivalente $1,072$ y $976 \text{ kg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ respectivamente. Pérez *et al.* (2009) reportaron en $4,869 \pm 510$ y $3,023 \pm 337 \text{ kg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ en *Q. potosina* y en *Pinus cembroides*. Nájera y Hernández (2009) mostraron que existe una acumulación anual de biomasa aérea de *Pinus cooperi* y *P. leiophylla* de $3,999.39 \text{ kg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ de los cuales el 74 % corresponden a hojas, 17 % a ramas y 9 % a conos, con un promedio mensual $333.28 \text{ kg ha}^{-1}$, con la mayor acumulación en diciembre ($910.38 \text{ kg ha}^{-1}$) y la menor en junio con sólo 94.04 kg ha^{-1} .

Descripción de especies

Pinus cembroides pertenece al grupo de pinos “piñoneros” (Farjon *et al.*, 1997). Su área de distribución abarca desde el oeste de Estados Unidos de América hasta México, (Perry, 1991), entre los 18° y 32° de latitud norte. Se asocia con matorral arbustivo, encinares y pinares de climas semidesérticos (Rzedowski, 2006).

Pinus halepensis Mill. es la especie de pino más extendida en la región mediterránea, (Gil *et al.*, 1996), es uno de los árboles más comunes de Líbano (Abou, 1997), su importancia radica en su gran resistencia a la sequía, llegando a soportar precipitaciones de 150 mm y capacidad de desarrollarse sobre suelos muy pobres en nutrientes y poco profundos, es muy sensible a temperaturas extremas de invierno (Blanco *et al.*, 1997), es una especie poco longeva (250 años) y debido a la morfología tortuosa del fuste ha sido empleada para la obtención de leña y resina.

III.- MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en un bosque natural de *Pinus cembroides* Zucc. (*Pc*) de 59 años de edad; también existen otras especies como: *Rhus virens*, *Juniperus deppeana* y *Tillandsia recurvata*, que constituyen el estrato inferior del bosque. La plantación de *Pinus halepensis* Mill. (*Ph*) se ubicada adyacente (150 m) al bosque de *Pinus cembroides* (*Pc*), ambas localizadas en la Sierra de Arteaga, Coahuila (25° 23' N, 100° 36' O), a una altitud de 2,280 msnm. El suelo se caracteriza por presentar material cálcico (INIFAP-CONABIO, 1995), entre los 20 y 50 cm de profundidad; el clima es templado, temperatura media anual de 14.22° C y precipitación anual de 648 mm (INIFAP, 2010).

Cuadro 1. Características dasométricas promedio del bosque natural de *Pinus cembroides* Zucc. y de la plantación de *Pinus halepensis* Mill.

VARIABLES	<i>P. cembroides</i> Zucc.	<i>P. halepensis</i> Mill.
Densidad (árboles ha ⁻¹)	685	3,760
Altura total (m)	5.7	7.5
Diámetro normal (cm)	25.2	10
Diámetro de copa (m)	4.2	4.5
Pendiente %	25	5
Edad (años)	59	20
Exposición	Oeste	Cenital

Cuantificación de hojarasca

La colecta de hojarasca se realizó mensualmente como lo han propuesto varios autores (Belmonte *et al.*, 1998; González *et al.*, 2008; Aceñolaza *et al.*, 2009). La duración del estudio fue de un año iniciando el 6 de Marzo 2010 al 6 de Febrero del 2011. Para coleccionar la hojarasca se construyeron trampas de 1 m² de madera, con malla metálica de 1 mm x 1 mm. En el bosque (*P. cembroides*) se colocaron 30 colectores y en la plantación (*P. halepensis*) 10 colectores, los cuales se distribuyeron aleatoriamente. Las trampas se ubicaron a 50 cm sobre la superficie del suelo y permanecieron en el mismo lugar durante todo el periodo del estudio (Zapata *et al.*, 2007). La colecta de hojarasca se realizó colocando un hule de 2 m x 1.50 m para recoger los componentes de cada colector, posteriormente se almacenaron en bolsas etiquetadas con la fecha y número de colector.

En laboratorio, la hojarasca se secó en una estufa marca Mapsa, modelo HDP 334, a temperatura de 70° C, durante 72 horas, hasta tener el peso constante (Belmonte *et al.*, 2008; Gutiérrez *et al.*, 2012) una vez secas las muestras, se procedió a la separación de los componentes de la hojarasca en: hojas, ramas, corteza, conos femeninos y otros, como lo realizaron Aceñolaza *et al.* (2009); Gutiérrez *et al.* (2012). Posteriormente los componentes fueron pesados con balanza semianalítica, marca Pioner, modelo PA214 de una precisión (0.0001 g), expresando los datos g m⁻² mes⁻¹.

Datos climáticos

Los datos climáticos se obtuvieron de las redes de estaciones meteorológicas de INIFAP, disponibles en internet en su página oficial; los datos se registran por día, mes y año. La estación se encuentra ubicada a 500 m del área de estudio. Los datos climáticos utilizados

fueron: precipitación (PP), temperatura máxima (Tmax) y mínima (Tmin) y humedad relativa (HR).

Análisis estadístico

Debido a que los datos de hojarasca presentaron una distribución no normal, se empleó el estadístico de Kruskal-Wallis, (KW) (95%), ésta es una prueba útil para comparar poblaciones cuyas distribuciones no son normales (Pavón *et al.*, 2005; Aceñolaza *et al.*, 2009; Quinto *et al.*, 2007; Gutiérrez *et al.*, 2012), con la finalidad de identificar diferencias en la acumulación de hojarasca entre fechas de colecta y entre especies. Los datos climáticos se correlacionaron por componente de hojarasca usando la correlación de Pearson (95 %). Para evaluar la deposición temporal, los datos de hojarasca se agruparon en verano boreal (abril a septiembre) e invierno boreal (octubre a marzo) a los cuales también se le aplicó la prueba de KW (95 %).

IV.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La acículas fue el componente más representativo de la hojarasca con 59.26 y 79.13 % de la caída total en *P. cembroides* Zucc. y en *P. halepensis* Mill. Ramas, conos, corteza y otros aportaron 15.78, 0.74, 5.40 y 18.80 % en *P. cembroides* Zucc., y 1.45, 1.12, 1.30 y 17.0 % en *P. halepensis* Mill. respectivamente (Figura 1A y 1B). En conos no se realizó análisis estadístico ya que fue insignificante su acumulación representando el 1.12 % en ambas especies. En un estudio con *Pinus taeda* (1600 árboles ha⁻¹), realizado por Pérez et al.(2006), las hojas representaron 59.8 % del total de la hojarasca producida, similar al obtenido en este estudio en *P. cembroides* Zucc., pero menor al obtenido en *P. halepensis* Mill. Jeong et al. (2009) en plantaciones de *P. rigitaeda* y *P. densiflora*, registraron 73.1 y 70.8 % en el componente hojas. En un bosque maduro de *Pinus cooperi* y *P. leiophylla* (239 árboles ha⁻¹), Nájera y Hernández (2009) registraron 74 % en hojas, 17 % en ramas y 9 % en conos.

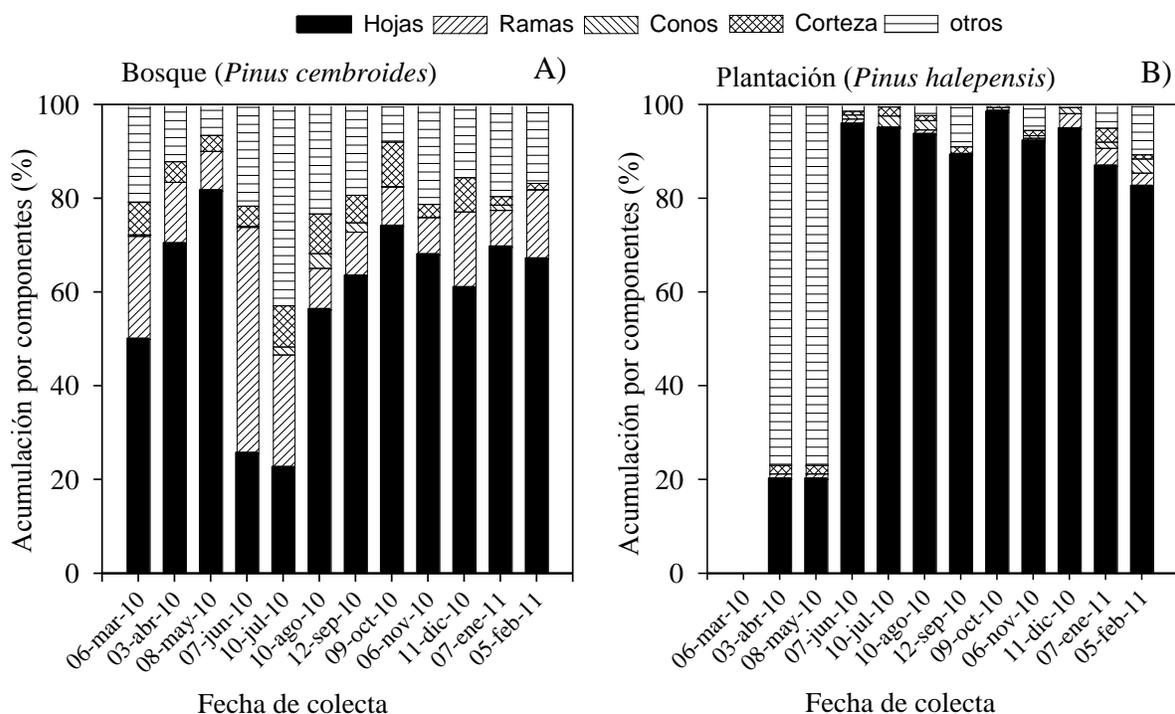


Figura 1. Porcentaje de aportación de componentes en la hojarasca (hojas, ramas, conos y otros) en bosque natural de *Pinus cembroides* Zucc. (A) y plantación de *Pinus halepensis* Mill. (B), en Arteaga, Coahuila, México.

Caída de hojarasca total

La caída de hojarasca total durante el periodo de estudio presentó diferencias altamente significativas entre especies ($P < 0.0001$), donde la acumulación de *Pinus halepensis* Mill. fue mayor con $27.21 \pm 22.11 \text{ g m}^{-2} \text{ mes}^{-1}$ ($2,697.41 \text{ kg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$) que en *Pinus cembroides* Zucc. con $8.19 \pm 10.75 \text{ g m}^{-2} \text{ mes}^{-1}$ ($922.75 \text{ kg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$) (Cuadro 2). En un bosque natural de *Pinus cembroides*, Pérez et al. (2009) registraron $3,023 \text{ kg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ mientras que en una plantación de esta especie, Gutiérrez et al. (2012) registraron $976 \text{ kg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ cuyas diferencias son principales por edad y densidad arbórea. Otros estudios han registrado acumulación de hojarasca desde $1,605 \text{ kg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ en *Pinus sylvestris* (Albrektson, 1988), $3,491 \text{ kg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$

(Pausas, 1997). Huber et al. (1986) reportan $3,900 \text{ kg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ en *Pinus radiata*. En *Pinus cooperi*, Nájera y Hernández (2009) obtuvieron $4,000 \text{ kg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$, en *Pinus pseudostrobus*, González et al. (2008) encontraron $4,407 \text{ kg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$. Zapata et al. (2007) registraron más de $8,300 \text{ kg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ en bosques de *Pinus patula*., Roig et al. (2005) encontraron que *P. pinaster* produce de $1,520$ a $5,700 \text{ kg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$.

Caída de hojas

La prueba de KW detectó diferencias en la caída de hojas entre especie ($P < 0.0001$) el mayor aporte lo hizo *P. halepensis* Mill. con un promedio de $24.18 \pm 20.91 \text{ g m}^{-2} \text{ mes}^{-1}$ el cual representa $2,398.53 \text{ kg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$, en contraste con *P. cembroides* Zucc. que registró $3.97 \pm 4.53 \text{ g m}^{-2} \text{ mes}^{-1}$ ($445.38 \text{ kg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$) (Cuadro 2). De mayo a noviembre, *Pinus halepensis* Mill. registró mayor deposición de hojas ($2,482.03 \text{ kg ha}^{-1}$; 92.01% del total) ($P < 0.05$, denotado “*” Figura 2A) que *Pinus cembroides*, en las demás colectas la deposición fue similar en ambas especies. Gutiérrez et al. (2012) encontraron que la mayor acumulación de hojas de *P. greggii* ocurrió de mayo a junio con promedios de $8.47 \pm 5.90 \text{ g m}^{-2} \text{ mes}^{-1}$ mientras *P. cembroides* fue en marzo y mayo con promedios $7.77 \pm 8.35 \text{ g m}^{-2} \text{ mes}^{-1}$. De acuerdo a la prueba de t (muestras independientes), se observa que la deposición media mensual de *Pinus cembroides* Zucc. reportado por Gutiérrez et al. (2012) estadísticamente es diferente ($t = 4.7$; $P = 0.0001$) ($7.77 \pm 8.35 \text{ g m}^{-2} \text{ mes}^{-1}$) a la deposición de *Pinus cembroides* Zucc. ($3.97 \pm 4.53 \text{ g m}^{-2} \text{ mes}^{-1}$) de nuestro estudio.

Caída de ramas

De acuerdo con la prueba de KW, la acumulación de ramas mostró diferencias entre especies ($P < 0.0001$), siendo mayor en *Pinus cembroides* Zucc. $2.15 \pm 6.04 \text{ g m}^{-2} \text{ mes}^{-1}$ ($254.40 \text{ kg ha}^{-1}$

año⁻¹) que *Pinus halepensis* Mill. aportó $0.26 \pm 0.61 \text{ g m}^{-2} \text{ mes}^{-1}$ ($28.85 \text{ kg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$) (Cuadro 2). En *Pinus cembroides* Zucc. la mayor acumulación de ramas ocurrió en junio y julio ($166.69 \text{ kg ha}^{-1}$) representando 18.06 % de la deposición total (Figura 2B y 3B) siendo este promedio diferente en estas fechas ($P < 0.05$) a la deposición de ramas de *P. halepensis*; en el resto de las fechas de colectas, la deposición de este componente fue estadísticamente igual ($P > 0.05$). En *P. greggii* y *P. cembroides* Zucc. Gutiérrez et al. (2012) encontraron 0.16 ± 0.36 ($19.65 \text{ kg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$) y $0.22 \pm 0.47 \text{ g m}^{-2} \text{ mes}^{-1}$ ($26.39 \text{ kg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$). Comparando la deposición mensual promedio de ramas ($2.15 \pm 6.04 \text{ g m}^{-2} \text{ mes}^{-1}$) en *Pinus cembroides* de este estudio y de Gutiérrez et al. (2012) ($0.22 \pm 0.47 \text{ g m}^{-2} \text{ mes}^{-1}$) la prueba de t indicó diferencias estadísticas ($t = 2.04$; $P = 0.066$) entre ambos estudios, siendo mayor en la presente investigación. Nájera y Hernández (2009) mencionan que las mayores y menores caídas de ramas en *Pinus cooperi* y *Pinus leiphylla* fueron en otoño y verano.

Caída de corteza

Este componente representó la menor fracción de la hojarasca, (exceptuando conos) no habiendo diferencias estadísticamente ($P = 0.3578$) entre especies, cuyos promedios fueron $0.43 \pm 1.09 \text{ g m}^{-2} \text{ mes}^{-1}$ ($48.12 \text{ kg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$) y $0.43 \pm 1.01 \text{ g m}^{-2} \text{ mes}^{-1}$ ($47.06 \text{ kg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$) en *P. cembroides* Zucc. y *P. halepensis* Mill., respectivamente (Cuadro 2). La deposición mensual de corteza entre especies fue estadísticamente igual ($P > 0.05$) (Figura 2C) en ambas especies, la mayor acumulación se observa de mayo a agosto con 0.74 g m^{-2} en promedio (Figura 3C).

Caída de otros componentes

La prueba de KW no mostró diferencias entre especies ($P = 0.1888$), cuyos promedios fueron 1.58 ± 3.04 ($174.84 \text{ kg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$) y $2.02 \pm 6.03 \text{ g m}^{-2} \text{ mes}^{-1}$ ($222.97 \text{ kg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$) en *P.*

cembroides Zucc. y *P. halepensis* Mill. (Cuadro 2). Las diferencias mensuales de la deposición del componente otro (entre especies), se observó de abril a julio y en septiembre (* de Figura (2D)); ($P > 0.05$). La acumulación más alta de este componente se observó en junio y julio ($105.78 \text{ kg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$) en *Pinus cembroides* Zucc., constituyendo el 11.46 % de la hojarasca total. En *Pinus halepensis* Mill. la deposición más alta ocurrió en abril, mayo y septiembre acumulando $173.03 \text{ kg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ y representando 6.41 % de deposición total (Figura 3D).

Cuadro 2. Resultados de la prueba de Kruskal Wallis (95%) para denotar diferencias estadísticas en la caída de hojarasca en bosque natural de *Pinus cembroides* Zucc. y en una plantación de *Pinus halepensis* Mill. en Arteaga, Coahuila, México.

Componente	Especie	N	Media \pm D. E.	H total	C	H	Valor P
Total	<i>Pc</i>	330	8.19 ± 10.75 b	922.75	1.00	90.43	<0.0001
	<i>Ph</i>	110	27.21 ± 22.11 a	2697.41			
Hojas	<i>Pc</i>	330	3.97 ± 4.53 b	445.38	1.00	111.20	<0.0001
	<i>Ph</i>	110	24.18 ± 20.91 a	2398.53			
Ramas	<i>Pc</i>	330	2.15 ± 6.04 a	254.40	0.95	32.54	<0.0001
	<i>Ph</i>	110	0.26 ± 0.61 b	28.85			
Corteza	<i>Pc</i>	330	0.43 ± 1.09 a	48.12	0.88	0.75	0.3578
	<i>Ph</i>	110	0.43 ± 1.01 a	47.06			
Otros	<i>Pc</i>	330	1.58 ± 3.04 a	174.84	1.00	1.72	0.1888
	<i>Ph</i>	110	2.02 ± 6.03 a	222.97			

Pc = *Pinus cembroides* Zucc.; *Ph* = *Pinus halepensis* Mill.; N = número de observaciones; (D. E.)= desviación estándar ($\text{g m}^{-2} \text{ mes}^{-1}$); (H total) = acumulación de hojarasca total ($\text{kg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$)

¹); C = factor de corrección del estadístico de KW por observaciones empataadas; H = estadístico de KW no corregido por empates; P = probabilidad de error en la prueba de dos colas. Medias con letras iguales (componente/especie) no son estadísticamente diferentes (Kruskal Wallis, 0.05).

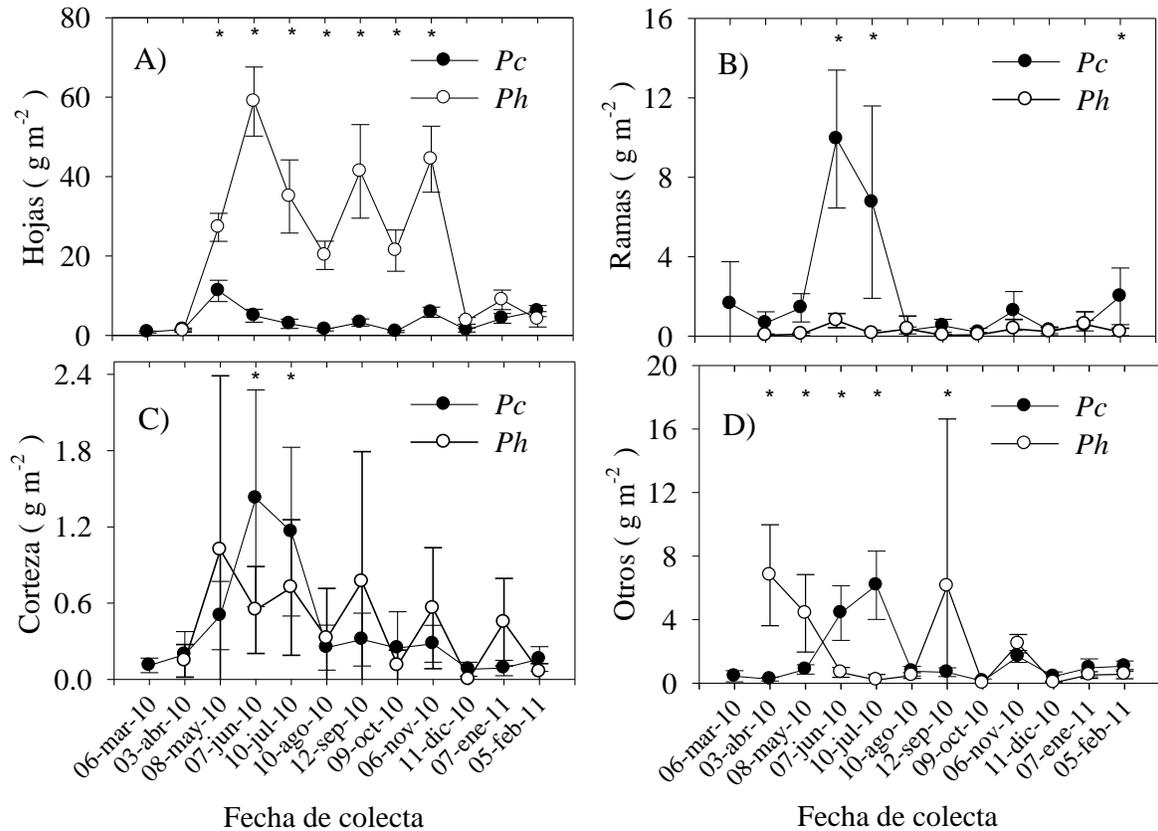


Figura 2. Acumulación de componentes de hojarasca durante el periodo de estudio en un bosque natural de *Pinus cembroides* Zucc. y plantación de *Pinus halepensis* Mill. en Arteaga, Coahuila, México. Cada valor representa media \pm intervalo de confianza (95 %), (n = 30 en *Pinus cembroides* Zucc. y n = 10 en *Pinus halepensis* Mill.) *= Indica diferencias estadísticas (P < 0.05) (KW) en la deposición de componentes entre colecta y especie.

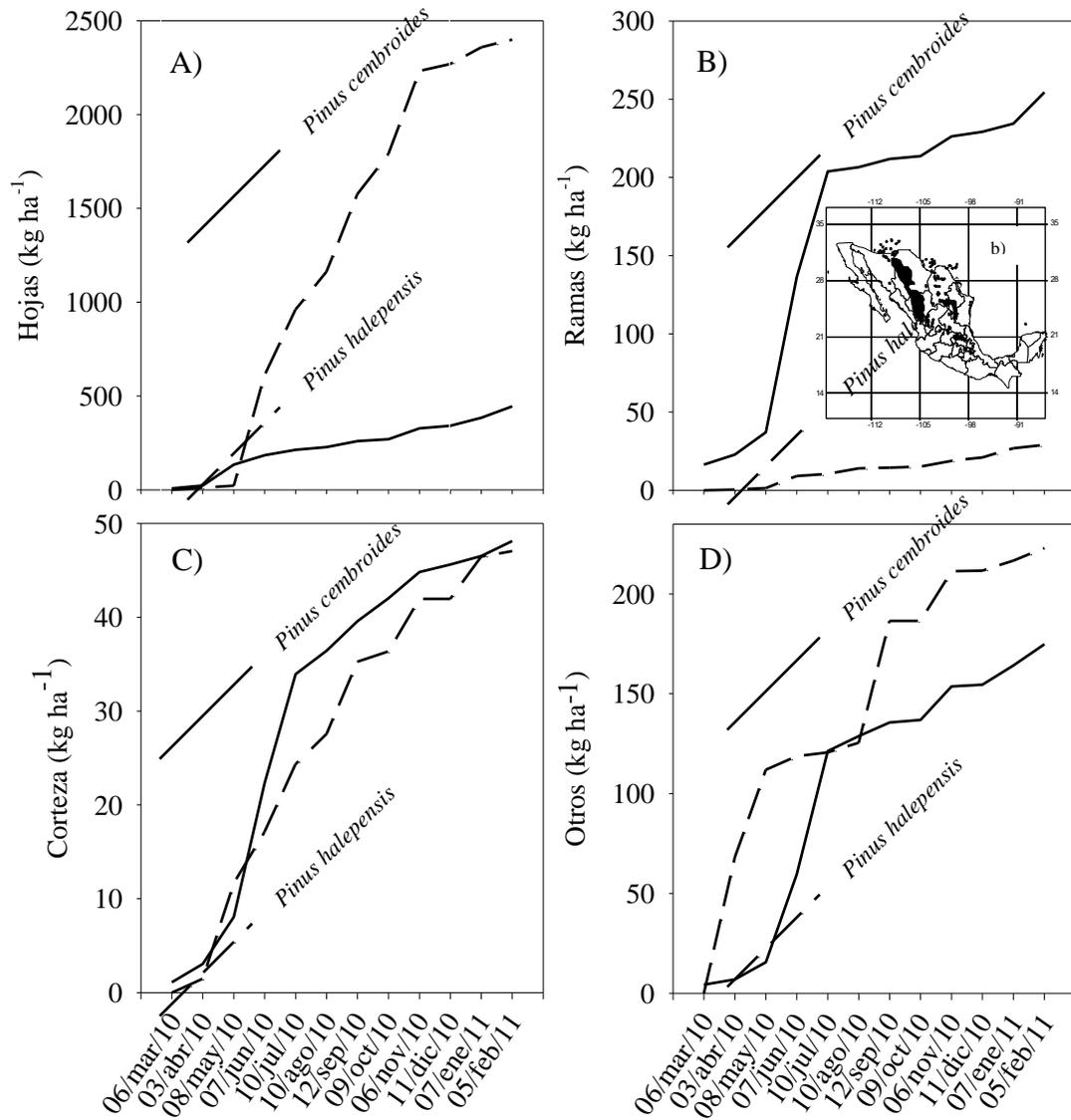


Figura 3. Acumulación de componentes de hojarasca durante el periodo de estudio en bosque natural de *Pinus cembroides* Zucc. y plantación de *Pinus halepensis* Mill. en Arteaga, Coahuila, México. b) distribución geográfica en México de *Pinus cembroides* Zucc.

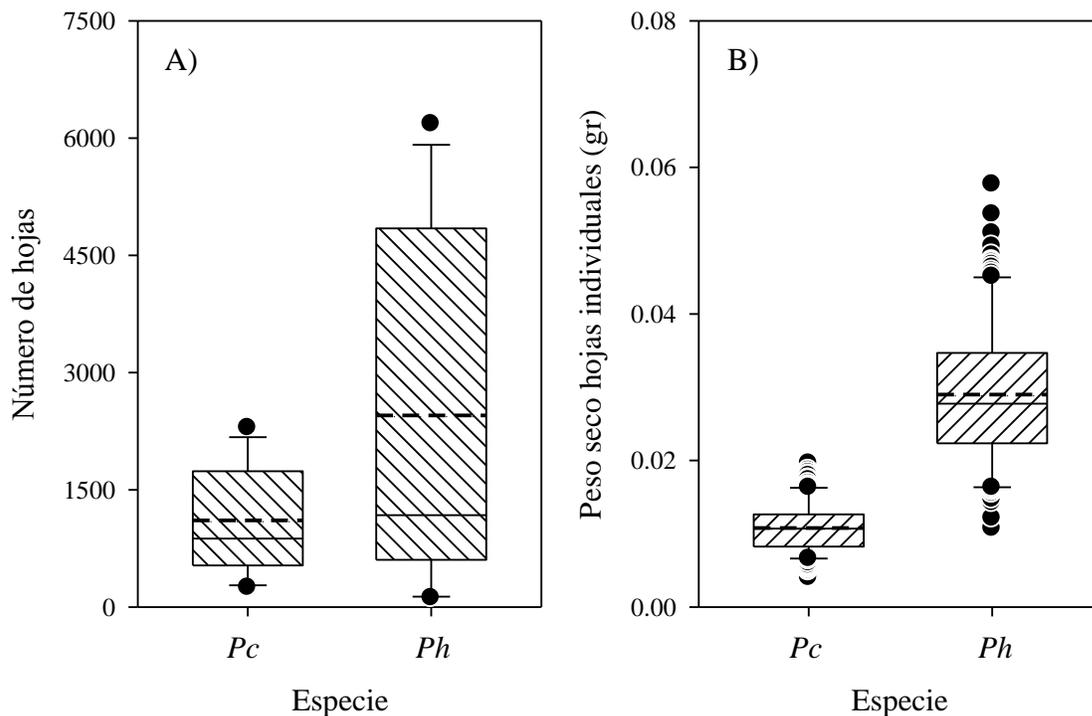


Figura 4. Relación entre número de hojas (A) y peso (B) de estas en *Pinus cembroides* Zucc. (*Pc*) y *Pinus halepensis* Mill. (*Ph*) en Arteaga, Coahuila, México.

En un muestreo aleatorio (1 trampa por colecta y por especie) el número promedio de acículas de *Pinus halepensis* Mill. fue 2452.27 ± 2237.49 , mayor que en *Pinus cembroides* (1108.58 ± 644.57) ($t = 2.10$ y $P = 0.062$) (Figura 4A); el peso seco, la temperatura ambiente de acículas individuales fue de $0.030 \pm 0.012 \text{ g m}^2 \text{ mes}^{-1}$ en *Pinus halepensis* Mill., mientras que en *Pinus cembroides* Zucc. fue de $0.011 \pm 0.004 \text{ g m}^2 \text{ mes}^{-1}$ ($t = 16.43$ y $P = 0.000$) siendo estadísticamente mayor el peso de acículas en *Pinus halepensis* Mill. (Figura 4B). La mayor acumulación (en unidades de peso) de *Pinus halepensis* Mill. se relaciona con el número de hojas debido a la mayor densidad arbórea, pero también al mayor peso seco de acículas que *Pinus cembroides* Zucc.

Relación de hojarasca con factores climáticos

De acuerdo al análisis de correlación entre componentes de hojarasca y variables climáticas, se observa que existen correlaciones positivas en varios casos. La precipitación mostró mayor influencia en la acumulación de hojarasca en ambas especies. La corteza de *Pinus cembroides* Zucc. tuvo la mayor correlación, principalmente con precipitación ($r = 0.830$ y $P = 0.0001$), pero también con temperatura mínima ($r = 0.670$ y $P = 0.020$). La correlación menos significativa en esta especie se observó entre corteza y días con lluvia ($r=0.500$ y $P=0.090$) (Cuadro 3). De la misma manera en *Pinus halepensis* Mill. la correlación más significativa fue con lluvia ($r = 0.610$ y $P = 0.001$) y la menor entre hojas y Tmin ($r = 0.540$ y $P = 0.09$), (Cuadro. 3). Estudios realizados por Berg y Meentemeyer (2001), Liu et al. (2004), Gutiérrez et al. (2012), demostraron que la producción de hojarasca es dependiente de temperatura, precipitación y viento; se ha demostrado (Pardos, 1999) que el incremento de temperatura global podría contribuir a la producción significativa de la hojarasca.

Cuadro 3. Análisis de correlación lineal entre componentes de hojarasca y variables climáticas en un bosque de *Pinus cembroides* Zucc. y una plantación de *Pinus halepensis* Mill., en Arteaga, Coahuila, México.

Componente	Spp	PP	TMax	TMin	HR	Dell	Dll
Hojas	<i>Pc</i>						
	<i>Ph</i>	r = 0.560 P = 0.070		r = 0.540 P = 0.090	r = 0.560 P = 0.070		
Ramas	<i>Pc</i>	r = 0.700 P = 0.010					
	<i>Ph</i>						
Corteza	<i>Pc</i>	r = 0.830 P = 0.001	r = 0.570 P = 0.050	r = 0.670 P = 0.020	r = 0.590 P = 0.040	r = -0.520 P = 0.080	r = 0.500 P = 0.090
	<i>Ph</i>	r = 0.610 P = 0.001		r = 0.590 P = 0.060			r = 0.600 P = 0.050
Otros	<i>Pc</i>	r = 0.820 P = 0.001					
	<i>Ph</i>						

Spp = especie; *Pc* = *Pinus cembroides*; *Ph* = *Pinus halepensis*; PP = precipitación mensual (mm); Tmax = temperatura máxima media mensual (° C); Tmin = temperatura mínima (° C); HR = humedad relativa (%); Dell = días entre lluvias (n); Dll = días con lluvias (n); r = coeficiente de correlación de Pearson; P = Probabilidad

Deposición temporal de hojarasca

La prueba de KW ($P < 0.0001$) demostró que la deposición de ramas y corteza de *Pinus cembroides* Zucc. ocurrió durante el verano (3.01 ± 7.53 y 0.57 ± 1.30 g m⁻² mes⁻¹) representando 18.78 % y 2.95 % de la hojarasca total, similarmente la prueba de KW diferenció ($P < 0.0007$) la deposición de componentes de *Pinus halepensis* Mill. entre verano e invierno boreal siendo también verano donde ocurrió la mayor deposición de hojas (30.61 ± 21.61 g m⁻² mes⁻¹ y de corteza (0.59 ± 1.28 g m⁻² mes⁻¹) los cuales corresponden 68.08 % y 1.30 % de la hojarasca total (Cuadro 4). Estos resultados son similares a los reportados por Roing *et al.* (2004) y Pérez *et al.* (2009) quienes explican que la mayor producción de hojarasca se presenta en verano y disminuye durante invierno. Adicionalmente, la mayor caída de ramas y corteza de *Pinus cembroides* Zucc. ($P < 0.0025$) se registró durante la época de lluvias (Cuadro 5). Sin embargo estos componentes representan sólo 20.75 % del total. La acumulación de acículas de *Pinus halepensis* Mill. ocurrió durante la época lluviosa ($P < 0.0001$), representando 75.57 % de la deposición total ($2,038.63$ kg ha⁻¹ año⁻¹) (Cuadro 5). Vargas y Varela (2007), indican que la lluvia tiene poca influencia en la deposición de hojarasca en un bosque de niebla, contrario a lo que se encontró en este estudio.

Cuadro 4. Resultados de la prueba de Kruskal Wallis (95 %) para denotar diferencias estadísticas en la caída de hojarasca durante el verano e invierno (boreal) en *Pinus cembroides* Zucc. y en *Pinus halepensis* Mill. en Arteaga, Coahuila, México.

Especie	Componente	Periodo	N	Media ± D.E.	gl	C	H	p
<i>Pc</i>	Hojas	Verano	210	3.72 ± 4.94 a	1	1.00	1.27	0.2591
		Invierno	150	3.70 ± 3.61 a				
	Ramas	Verano	210	3.01 ± 7.53 a	1	0.97	13.99	0.0001
		Invierno	150	0.85 ± 2.29 b				
	Corteza	Verano	210	0.57 ± 1.30 a	1	0.87	11.25	0.0003
		Invierno	150	0.17 ± 0.43 b				
	Otros	Verano	210	1.94 ± 3.66 a	1	1.00	2.29	0.1295
		Invierno	150	0.85 ± 1.15 a				
<i>Ph</i>	Hojas	Verano	60	30.61 ± 21.66 a	1	1	11.48	0.0007
		Invierno	50	16.46 ± 17.22 b				
	Ramas	Verano	60	0.24 ± 0.58 a	1	0.82	0.77	0.3332
		Invierno	50	0.28 ± 0.64 a				
	Corteza	Verano	60	0.59 ± 1.28 a	1	0.92	6.45	0.0080
		Invierno	50	0.24 ± 0.50 b				
	Otros	Verano	60	3.11 ± 7.98 a	1	0.97	7.28	0.0061
		Invierno	50	0.72 ± 1.05 b				

Pc = *Pinus cembroides*; *Ph* = *Pinus halepensis*; N = número de observaciones; Media ± D.E. (g m⁻²); 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 en la prueba de dos colas. Media con letras iguales (componente/periodo) no son estadísticamente diferentes (Kruskal Wallis, 0.05).

Cuadro 5. Resultados de la prueba de Kruskal Wallis (95 %) para denotar diferencias estadísticas en la caída de hojarasca durante periodo Lluvioso y Seco en *Pinus cembroides* Zucc. y *Pinus halepensis* Mill. en Arteaga, Coahuila, México.

Condición	Variable	Periodo	N	Media ± D. E.	gl	C	H	P
<i>Pc</i>	Hojas	Lluvioso	180	4.12 ± 5.22	1	1.00	0.69	0.4059
		Seco	180	3.30 ± 3.43				
	Ramas	Lluvioso	180	3.16 ± 7.76 a	1	0.97	8.87	0.0025
		Seco	180	1.06 ± 3.22 b				
	Corteza	Lluvioso	180	0.65 ± 1.41 a	1	0.87	15.39	<0.0001
		Seco	180	0.15 ± 0.31 b				
	Otros	Lluvioso	180	2.17 ± 3.89	1	1,00	4.58	0.0321
		Seco	180	0.80 ± 1.12				
<i>Ph</i>	Hojas	Lluvioso	60	33.98 ± 18.34	1	1,00	39,73	<0,0001
		Seco	50	12.42 ± 17.57				
	Ramas	Lluvioso	60	0.24 ± 0.58	1	0,82	1,63	0,1590
		Seco	50	0.28 ± 0.64				
	Corteza	Lluvioso	60	0.58 ± 1.28	1	0,92	5,61	0,0134
		Seco	50	0.24 ± 0.49				
	Otros	Lluvioso	60	1.98 ± 7.57	1	0,97	3,75	0,0491
		Seco	50	2.08 ± 3.47				

Pc = *Pinus cembroides*; *Ph* = *Pinus halepensis*; N = número de observaciones; Media ± D.E.

(g m⁻² mes⁻¹); 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 en la prueba de dos colas. Media con letras iguales (componente/periodo) no son estadísticamente diferentes (Kruskal Wallis, 0.05).

V.- CONCLUSIONES

P. halepensis Mill. deposita casi tres veces más la acumulación de hojarasca que *P. cembroides* Zucc. sin embargo contribuye con ocho veces más de ramas que *Pinus halepensis* Mill. La densidad arbórea, número de acículas y peso seco de estas es un factor que determina la tasa de deposición entre especies. Las hojas fueron el componente más representativo de la hojarasca en *Pinus cembroides* Zucc. (59.26 %) y *Pinus halepensis* Mill. fue de (79.13 %). La producción de hojarasca en ambas especies es dependiente de precipitación y temperatura mínima principalmente, ocurriendo las mayores deposiciones durante verano (647.28 kg ha⁻¹) el cual representa 70.15 % y en época lluviosa (607.58 kg ha⁻¹) donde 65.84 % del total de la acumulación de hojarasca en *Pinus cembroides* Zucc. y en *Pinus halepensis* Mill. en verano se acumuló (2,072.66 kg ha⁻¹) el cual representa 76.83 % y en época lluviosa (2,206 k ha⁻¹) el cual es 8181 % del total de la hojarasca acumulada. De acuerdo a los resultados del presente estudio, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna ya que la caída de hojarasca es dependiente de variables climáticas y difiere entre especies.

VI.- REFERENCIAS

- Aber J. D. y Melillo J. M. 1991. *Terrestrial Ecosystems*, 2ª. Edición. Academic Press, San Diego, California. 543 pp.
- Abou-Haidar, F. 1997. Trees of Lebanon: Aleppo pine. Disponible en línea con la información en:<http://almashriq.hiof.no/lebanon/300/360/363/363.7/fareed/levenv19.htm>
- Aceñolaza, P. G., Zamboni, L. P., Gallardo, J. F. 2009. Aporte de hojarasca en bosques del predelta del río Paraná (Argentina). *Bosque*, 30(3): 135-145. <http://www.scielo.cl/pdf/bosque/v30n3/art03.pdf>.
- Albrektsen, A. 1988. Needle litterfall in stands of *Pinus sylvestris* L. in Sweden in relation to site quality, stand age and latitude. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 3: 333-342. Abstract. <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/02827588809382521>.
- Arunachalam, A., Arunachalam, K. M., Pandey, H. N., Tripathi, R.S. 1998. Fine litterfall and nutrient dynamics during forest regrowth in the humid subtropics of northeastern India. *Forest Ecology Management* 110: 209–219.
- Ballard, R., Will, G. M. 1981. Accumulation of organic matter and mineral nutrients under a *Pinus radiata* stand. New Zealand. *Journal of Forestry Science*, 11 (2): 145-151.
- Bray J.R., Gorham E., 1964. Litter production in forest of the world. *Adv. Ecology Research*, 2, 101-157.
- Belmonte, S. F., Romero, D. A., López, B. F. 1998. Producción de hojarasca en especies del matorral mediterráneo y su relación con algunos factores ambientales. *Nimbus* No. 1-2, 5-16.
- Berg B. y McClaugherty C. 2008. *Plant litter: Decomposition, humus formation, Carbon sequestration*, 2a edición. Springer, Berlin. 338 pp.

- Berg, B., Meentemeyer, V. 2001. Litter fall in *Pinus sylvestris* and *Picea* spp in some European coniferous forests as dependent on climate: a synthesis. *Canadian Journal of Forest Research*, 31(2), 292-301.
- Blanco, E., Casado, M. A., Costa, M., Escribano, R., García, M., Génova, M., Gómez, A., Gómez, F., Moreno, J. C., Morla, C., Regato, P., Sainz, H. 1997. Los bosques ibéricos, una interpretación geobotánica. Ed. Planeta, Barcelona. 572 pp.
- Bosco, J. I., Blanco, J. A., Castillo, F. J. 2004. Capítulo 17. Gestión forestal y ciclos de nutrientes en el marco del cambio global. (pp. 479-506). In: Valladares F. (Ed.). *Ecología de bosque mediterráneo en un mundo cambiante*. Ministerio del medio.
- Carnevale N, J. P Lewis. 2001. Litterfall and organic matter decomposition in a seasonal forest of the eastern Chaco. (Argentina). *Rev Biol. Trop.* 49 (1): 203-212.
- Farjon, A., J. A. Pérez de la R. and B. T. Styles. 1997. A field guide to the pines of Mexico and Central America. The Royal Botanic Gardens. Kew Publishing House. London, UK. 147 p.
- Gil, L., Díaz-Fernández, P. M., Jiménez, M. P., Roldán, M., Alía, R., Agúndez, D., De Miguel, J., Martín, S., De Tuero, M. 1996. Las regiones de procedencia de *Pinus halepensis* Mill. en España. Ed. Organismo Autónomo Parques Nacionales, Madrid.
- González, R. H., Cantú, I., Ramírez, G. R., Gómez M. V., Domínguez T. G., Bravo J., Maiti R.K. 2008. Spatial and seasonal litterfall deposition pattern in the Tamaulipan thorscrub, Northeastern Mexico. *International Journal of Agriculture Environmental and Biotechnology*, 1: 177-181.

- González, M. I. M., Gallardo J. F., 1982. El efecto hojarasca: una revisión. *And Edaf. Agrobiol.*, 41, 1129-1157.
- Gutiérrez, V. M. H., Méndez G. J., Flores L. C., Ramírez D. J. A., Gutiérrez, V. B. N. 2012. Caída de hojarasca en plantaciones de *Pinus greggii* Engelm. y *Pinus cembroides* Zucc., en Coahuila, México. *Revista Fitotecnia Mexicana*. 35(2), 123-33.
- Haase R. 1999. Litterfall and nutrient return in seasonally flooded and non-flooded forest of the Pantanal, Mato Grosso, Brazil. *For. Ecol. and Manage.* 117: 129-147.
- Huber, A., Schlatter J. E.; Oyarzun C. 1986. Aporte en elementos nutritivos por la hojarasca de un bosque adulto de *Pinus radiata*. *Bosque*, 7(2), 59-64.
- INIFAP, (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias) - CONABIO, (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad). 1995. Mapa Edafológico. Escalas 1:250,000 y 1:1,000,000. México.
- Jeong J., C Kim, Hyun-Chul, A. Hyun-Seo, C Gap-Chul. C. 2009. A comparison of litterfall dynamics in three coniferous plantations of identical age under similar site conditions. *Journal of Ecology and Field Biology*. 32:97-102.
- Liu, C., Westman, C. J., Berg B., Kutsch, W., Wang, G. Z., Man R., Ilvesniemi H. 2004. Variation in litterfall-climate relationships between coniferous and broadleaf forests in Eurasia. *Global Ecology and Biogeography*, 13: 105-114.
- Luna, C. M., Romero, M. A., García, M. E. 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.

- Nájera, L. J. A., Hernández, H. E. 2009. Acumulación de biomasa aérea en un bosque coetáneo de la región de El Salto Durango *Ra Ximhai*, 5(2), 225-230.
- Pardos, J. A. 1999. Ante un cambio climático: papel de los montes arbolados y los productos forestales en la retención del carbono. *Investigaciones Agrarias Sistema de Recursos Forestales*, 1: 93-99.
- Pausas, J. G. 1997. Litter fall and litter decomposition in *Pinus sylvestris* forests of the eastern Pyrenees. *Journal of Vegetation Science*, 8: 643-650.
- Pavón N. P., Briones, o. J Flores R. 2005. Litterfall production and nitrogen content in an intertropical semi-arid Mexican scrub. *Journal of Arid Environment*. 60: 1-13.
- Pérez., C. A; Goya, J. F.; Bianchini, F.; Frangi, J. L.; Fernández. R. 2006. Productividad aérea y ciclo de nutrientes en plantaciones de *Pinus taeda* L. en el norte de la provincia de misiones, Argentina. *Interciencia*, 31:794-801.
- Pérez., S. M., Arredondo, M. J. T., Huber, S. E., Vargas, H. J. J. 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.
- Perry. P. J. 1991. The pines of Mexico and Central America. Timber Press. Portland, Oregon. U. S. A. 231 p.
- Prause, J., Arce De Caram, G., Angeloni, P. N. 2003. Variación mensual en el aporte de hojas de cuatro especies forestales nativas del Parque Chaqueño Humado (Argentina). *Quebracho*, 10: 39-45.

- Prusinkiewicz, Z., Bigos, M. 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): 325-345.
- Quinto M. H., Y. A. Ramos P, D Abadía B. (2007) Cuantificación de la caída de la hojarasca como medida de la productividad primaria neta en un bosque pluvial tropical en Salero, Chocó, Colombia. *Revista Institucional Universidad Tecnológica de Chocó* 26:28-41.
- Rai, S. N. y Proctor, J. 1986. Ecological studies on four forests in Karnataka, I. Environment, structure, floristics and Biomass. *Journal of Ecology*, 74: 439 - 454.
- Red Nacional de Estaciones Estatales Agroclimatológicas. INIFAP. Disponible en clima.inifap.gob.mx/redclima/rednacional.html. Estado Coahuila. Estación Rancho Roncesvalles, Arteaga. Datos históricos del año 2010 y 2011.
- Roing, S., Del Río, M., Cañellas I., Montero G. 2005. Litter fall in Mediterranean *Pinus pinaster* Ait. stands under different thinning regimes. *Forest Ecology and Management*, 206: 179-190.
- Rzedowski, J. 2006. Vegetación de México. 1ra. Edición digital, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México, 504 p.
- Santa Regina I, J. F. Gallardo, M. Rico, A. Martín, H. A. Gallego, G Moreno, S Cuadrado. 1991. Datos preliminares sobre biomasa aérea, producción y características edafoclimáticas de ecosistemas forestales de *Quercus pyrenaica* (Sierra de Gata, Salamanca). *Studia Oec.* 8: 147-158.
- Tanner, E. V. J. 1980. Litterfall in montane rain forest of Jamaica and its relation to climate. *Journal of Ecology*, 68: 833-848.

- Vargas, P. L., Varela, A. 2007. Producción de hojarasca de un bosque de niebla en la reserva natural la planada (Nariño, Colombia). *Universitas Scientiarum*, 12 :35-49.
- Waide, R. B., Willig, M. R., Steiner, C. F., Mittelbach, G., Gough, L., Dodson, S.I. et al. 1999. The relationship between productivity and species richness. *Annual. Rev. Ecology. System* 30: 257– 300.
- Will, G. M. 1959. Nutrient return in litter and rainfall under some exotic conifer stands in New Zealand. *ew Zealand Journal of Agricultural Research* 2: 719-734.
- Zamboni P., P. Aceñolaza. 2004. Aporte al conocimiento de ciclos de materia orgánica en formaciones boscosas de la llanura de inundación del río Parana. Serie Misc. INSUGEO 12: 5-12.
- Zapata, D. C. M., Ramírez J. A., León, P. J. D., González H. M. I. 2007. Producción de hojarasca fina en bosques alto andinos de Antioquia, Colombia. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 60(1): 3771-3784.

VII.- APÉNDICE

Apéndice 6. Resultados de prueba de Kruskal Wallis (95%) para notar diferencias estadísticas en la caída de hojarasca y entre especies/colecta en un bosque de *Pinus cembroides* Zucc., una plantación de *Pinus halepensis*, en Arteaga, Coahuila, México.

Abril 2010

CONDICIÓN	Variable	N	Media ± D.E.	Total	gl	C	H	P
<i>Pc</i>	Hojas	30	1,47 ± 0,94	445.38	1	1,00	1,30	0,2541
<i>Ph</i>	Hojas	10	1,12 ± 0,58	2398.53				
<i>Pc</i>	Ramas	30	0,65 ± 1,61	254.41	1	0,83	1,85	0,1368
<i>Ph</i>	Ramas	10	0,04 ± 0,08	28.85				
<i>Pc</i>	Cortezas	30	0,20 ± 0,50	48.12	1	0,78	0,05	0,8050
<i>Ph</i>	Cortezas	10	0,15 ± 0,22	47.06				
<i>Pc</i>	Otros	30	0,26 ± 0,34	174.84	1	0,99	20,51	<0,0001
<i>Ph</i>	Otros	10	6,80 ± 5,40	222.97				

Mayo 2010

Condición	Variable	N	Media ± D.E.	Total	gl	C	H	P
<i>Pc</i>	Hojas	30	11,21 ± 7,48	445.38	1	1,00	17,00	<0,0001
<i>Ph</i>	Hojas	10	27,21 ± 6,00	2398.53				
<i>Pc</i>	Ramas	30	1,31 ± 1,97	254.41	1	0,98	7,99	0,0044
<i>Ph</i>	Ramas	10	0,09 ± 0,12	28.85				
<i>Pc</i>	Cortezas	30	0,50 ± 0,75	48.12	1	0,97	0,59	0,4362
<i>Ph</i>	Cortezas	10	1,02 ± 2,33	47.06				
<i>Pc</i>	Otros	30	0,86 ± 0,83	174.84	1	1,00	15,49	0,0001
<i>Ph</i>	Otros	10	4,40 ± 4,14	222.97				

Pc = *Pinus cembroides*; *Ph* = *Pinus halepensis*; N = número de observaciones; Media ± D.E. ($\text{g m}^{-2} \text{mes}^{-1}$); C = factor de corrección del estadístico KW por observaciones empatadas; H = estadístico de KW no corregido por empates; P = probabilidad de error en la prueba de dos colas.

Junio 2010

Condición	Variable	N	Media ± D.E.	Total	gl	C	H	P
<i>Pc</i>	Hojas	30	4,95 ± 4,52	445.38	1	1,00	21,95	<0,0001
<i>Ph</i>	Hojas	10	58,87 ± 14,80	2398.53				
<i>Pc</i>	Ramas	30	9,93 ± 9,70	254.41	1	1,00	12,02	0,0005
<i>Ph</i>	Ramas	10	0,78 ± 0,61	28.85				
<i>Pc</i>	Cortezas	30	1,43 ± 2,38	48.12	1	0,99	0,19	0,6601
<i>Ph</i>	Cortezas	10	0,55 ± 0,58	47.06				
<i>Pc</i>	Otros	30	4,41 ± 4,80	174.84	1	1,00	8,62	0,0033
<i>Ph</i>	Otros	10	0,68 ± 0,53	222.97				

Julio 2010

Condición	Variable	N	Media ± D.E.	Tota	gl	C	H	P
<i>Pc</i>	Hojas	30	2,91 ± 3,31	445.38	1	1,00	21,66	<0,0001
<i>Ph</i>	Hojas	10	34,98 ± 15,64	2398.53				
<i>Pc</i>	Ramas	30	6,74 ± 13,54	254.41	1	0,98	13,82	0,0002
<i>Ph</i>	Ramas	10	0,13 ± 0,28	28.85				
<i>Pc</i>	Cortezas	30	1,16 ± 1,85	48.12	1	0,99	0,04	0,8382
<i>Ph</i>	Cortezas	10	0,72 ± 0,91	47.06				
<i>Pc</i>	Otros	30	6,17 ± 6,01	174.84	1	0,99	17,26	<0,0001
<i>Ph</i>	Otros	10	0,20 ± 0,59	222.97				
<i>Pc</i>	Otros	10	0,48 ± 0,31	222.97				

Agosto 2010.

Condición	Variable	N	Media ± D.E.	Total	gl	C	H	P
<i>Pc</i>	Hojas	30	1,45 ± 0,92	445.38	1	1,00	21,95	<0,0001
<i>Ph</i>	Hojas	10	20,17 ± 6,08	2398.53				
<i>Pc</i>	Ramas	30	0,28 ± 0,48	254.41	1	0,83	3,69	0,0352
<i>Ph</i>	Ramas	10	0,35 ± 1,12	28.85				
<i>Pc</i>	Cortezas	30	0,25 ± 0,49	48.12	1	0,83	0,07	0,7711
<i>Ph</i>	Cortezas	10	0,32 ± 0,67	47.06				
<i>Pc</i>	Otros	30	0,75 ± 0,85	174.84	1	0,99	0,23	0,6274

Septiembre 2010

Condición	Variable	N	Media \pm D.E.	Total	gl	C	H	P
<i>Pc</i>	Hojas	30	3,23 \pm 2,57	445.38	1	1,00	21,95	<0,0001
<i>Ph</i>	Hojas	10	41,30 \pm 20,04	2398.53				
<i>Pc</i>	Ramas	30	0,52 \pm 0,91	254.41	1	0,98	9,76	0,0016
<i>Ph</i>	Ramas	10	0,04 \pm 0,05	28.85				
<i>Pc</i>	Corteza	30	0,31 \pm 0,58	48.12	1	0,94	0,12	0,7225
<i>Ph</i>	Corteza	10	0,77 \pm 1,74	47.06				
<i>Pc</i>	Otros	30	0,69 \pm 0,77	174.84	1	1,00	0,01	0,9377
<i>Ph</i>	Otros	10	6,11 \pm 17,88	222.97				

Octubre 2010

Condición	Variable	N	Media \pm D.E.	Total	gl	C	H	P
<i>Pc</i>	Hojas	30	0,98 \pm 0,77	445.38	1	1,00	21,95	<0,0001
<i>Ph</i>	Hojas	10	21,34 \pm 8,81	2398.53				
<i>Pc</i>	Ramas	30	0,19 \pm 0,58	254.41	1	0,66	1,30	0,1596
<i>Ph</i>	Ramas	10	0,06 \pm 0,20	28.85				
<i>Pc</i>	Cortezas	30	0,25 \pm 0,80	48.12	1	0,76	9,8E-04	0,9713
<i>Ph</i>	Cortezas	10	0,11 \pm 0,20	47.06				
<i>Pc</i>	Otros	30	0,13 \pm 0,38	174.84	1	0,87	9,76	0,0008
<i>Ph</i>	Otros	10	0,00 \pm 0,00	222.97				

Noviembre 2010

Condición	Variable	N	Media \pm D.E.	Total	gl	C	H	p
<i>Pc</i>	Hojas	30	Medias \pm D.E.	445.38	1	1,00	21,95	<0,0001
<i>Ph</i>	Hojas	10	5,81 \pm 3,58	2398.53				
<i>Pc</i>	Ramas	30	44,34 \pm 14,13	254.41	1	0,95	0,43	0,5007
<i>Ph</i>	Ramas	10	1,27 \pm 2,74	28.85				
<i>Pc</i>	Cortezas	30	0,37 \pm 0,79	48.12	1	0,94	1,45	0,2150
<i>Ph</i>	Cortezas	10	0,28 \pm 0,41	47.06				
<i>Pc</i>	Otros	30	0,56 \pm 0,81	174.84	1	1,00	6,01	0,0140
<i>Ph</i>	Otros	10	1,68 \pm 1,06	222.97				

Diciembre de 2010

Condición	Variable	N	Media \pm D.E.	Total	gl	C	H	p
<i>Pc</i>	Hojas	30	1,34 \pm 1,40	445.38	1	1,00	12,68	0,0004
<i>Ph</i>	Hojas	10	3,66 \pm 1,42	2398.53				
<i>Pc</i>	Ramas	29	0,29 \pm 0,47	254.41	1	0,86	0,84	0,3234
<i>Ph</i>	Ramas	10	0,20 \pm 0,36	28.85				
<i>Pc</i>	Cortezas	30	0,08 \pm 0,15	48.12	1	0,53	1,98	0,0544
<i>Ph</i>	Cortezas	10	0,00 \pm 0,00	47.06				
<i>Pc</i>	Otros	30	0,41 \pm 0,84	174.84	1	0,91	8,90	0,0018
<i>Ph</i>	Otros	10	0,03 \pm 0,09	222.97				

Enero 2011

Condición	Variable	N	Media \pm D.E.	Total	gl	C	H	p
<i>Pc</i>	Hojas	30	4,27 \pm 3,46	445.38	1	1,00	11,17	0,0008
<i>Ph</i>	Hojas	10	8,93 \pm 4,17	2398.53				
<i>Pc</i>	Ramas	30	0,52 \pm 0,73	254.41	1	0,97	0,69	0,4011
<i>Ph</i>	Ramas	10	0,59 \pm 1,08	28.85				
<i>Pc</i>	Cortezas	30	0,09 \pm 0,17	48.12	1	0,75	2,84	0,0522
<i>Ph</i>	Cortezas	10	0,45 \pm 0,59	47.06				
<i>Pc</i>	Otros	30	0,97 \pm 1,58	174.84	1	0,99	1,16	0,2790
<i>Ph</i>	Otros	10	0,51 \pm 0,36	222.97				

Febrero 2011

Condición	Variable	N	Media \pm D.E.	Total	gl	C	H	p
<i>Pc</i>	Hojas	30	6,10 \pm 3,91	445.38	1	1,00	2,29	0,1297
<i>Ph</i>	Hojas	10	4,04 \pm 3,30	2398.53				
<i>Pc</i>	Ramas	30	2,00 \pm 3,99	254.41	1	0,98	4,51	0,0316
<i>Ph</i>	Ramas	10	0,20 \pm 0,33	28.85				
<i>Pc</i>	Cortezas	30	0,16 \pm 0,27	48.12	1	0,75	0,49	0,4184
<i>Ph</i>	Cortezas	10	0,06 \pm 0,11	47.06				
<i>Pc</i>	Otros	30	1,07 \pm 0,92	174.84	1	1,00	2,20	0,1369
<i>Ph</i>	Otros	10	0,56 \pm 0,49	222.97				