

**SEP**

SECRETARÍA DE  
EDUCACIÓN PÚBLICA



# Tecnológico Nacional de México Instituto Tecnológico de la Zona Maya

## DESCOMPOSICION Y LIBERACION DE NUTRIENTES DE LAS HOJAS DE CUATRO LEGUMINOSAS ARBOREAS EN UN SISTEMA SILVOPASTORIL.

Informe Técnico De Residencia Profesional

Que presenta la

**C. SARAI ALEJANDRA GÓMEZ OJEDA**

Ingeniería en agronomía

N° de Control 11870061

**ASESOR INTERNO**

**DR. FERNANDO CASANOVA LUGO**

Juan Sarabia, Quintana Roo

Diciembre 2015



## INSTITUTO TECNOLÓGICO DE LA ZONA MAYA

El Comité de revisión para Residencia Profesional de la estudiante de la carrera de **INGENIERÍA EN AGRONOMÍA, SARAI ALEJANDRA GOMEZ OJEDA** aprobado por la Academia del Instituto Tecnológico de la Zona Maya integrado por; el asesor interno **DR. FERNANDO CASANOVA LUGO**, el asesor externo el **DR. IVÁN OROS ORTERGA**, habiéndose reunido a fin de evaluar el trabajo titulado: **DESCOMPOSICIÓN Y LIBERACION DE NUTRIENTES DE LAS HOJAS DE CUATRO LEGUMINOSAS ARBOREAS EN UN SISTEMA SILVOPASTORIL**. Presenta como requisito parcial para acreditar la asignatura de Residencia Profesional de acuerdo al Lineamiento vigente para este plan de estudios, dan fe de la acreditación satisfactoria del mismo y firman de conformidad.

**ATENTAMENTE**

**Asesor Interno**

  
\_\_\_\_\_  
**Dr. Fernando Casanova Lugo**

**Asesor Externo**

  
\_\_\_\_\_  
**Dr. Iván Oros Ortega**

**Juan Sarabia, Quintana Roo, Diciembre, 2015.**

## CONTENIDO

I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. JUSTIFICACIÓN.....	3
III. DESCRIPCIÓN DEL LUGAR EXPERIMENTAL.....	5
IV. OBJETIVOS.....	6
V. MATERIALES Y MÉTODOS.....	7
VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	10
VII. PROBLEMAS RESUELTOS Y LIMITANTES.....	14
VIII. COMPETENCIAS APLICADAS O DESARROLLADAS.....	15
IX. CONCLUSIÓN.....	16
X. RECOMENDACIONES .....	17
XI. REFERENCIAS .....	18
XII. ANEXOS.....	22

## ÍNDICE DE CUADROS

	<b>Pág.</b>
<b>Cuadro 1.</b> Algunas características dasométricas y ubicación geográfica de las especies de estudio en el ejido Juan Sarabia, Quintana Roo.....	7
<b>Cuadro 2.</b> Ecuaciones de regresión no-lineal (modelo simple: $Y=a \cdot e^{-k \cdot t}$ ) para estimar la pérdida de masa de las hojas frescas de cuatro leguminosas arbóreas nativas con potencial silvopastoril, durante la época de lluvias (de junio a noviembre de 2015), en el sur del estado de Quintana Roo, México.....	11

## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
<b>Figura 1.</b> Sitio de estudio en el Instituto Tecnológico de la Zona Maya....	5
<b>Figura 2.</b> Masa remanente de las hojas frescas de <i>Piscidia piscipula</i> (L.) Sarg., a diferentes tiempos de muestreo en la época de lluvias (de junio a noviembre de 2015), en el sur del estado de Quintana Roo, México.....	10

## I. INTRODUCCIÓN

Los sistemas silvopastoril (SSP) son sistemas de producción ganaderos, en los cuáles las especies leñosas perennes se combinan de una manera integral con pastos y la producción animal; su propósito fundamental es diversificar y optimizar la producción para un manejo sostenido ([Casanova-Lugo et al., 2014](#)). Dichos sistemas presentan una alta diversidad vegetal, son biológicamente más productivos y completos en el uso de los recursos comparado con los sistemas convencionales (monocultivos), ya que contribuyen a un mayor rendimiento y sostenibilidad de los agro-ecosistemas, debido a que adquieren elementos de alto valor nutricional que mejoran la fertilidad del suelo y producen materia orgánica de alta calidad para un eficiente ciclaje de nutrientes ([Sileshi y Mafongoya, 2007](#)).

En los SSP el ciclaje de nutrientes es la principal forma de distribución de elementos en el suelo, en la parte superficial de este se encuentran la mayoría de ellos, como el potasio (K) y el fósforo (P), esto es debido al aporte de las hojas que caen de las plantas, las cuáles al descomponerse liberan los nutrientes ([Escamilla et al., 2005](#)). Entre el 70 y 90% de los nutrientes requeridos para el crecimiento de las plantas pueden ser proveídos por la descomposición de las hojas ([Segura-Rosel et al., 2012](#)).

En los SSP los árboles proporcionan nitrógeno mediante dos procesos: la captura profunda de nutrientes y la fijación biológica del nitrógeno (FBN) ([Petit-Aldana et al., 2012](#)). La captura profunda de nutrientes es la que realizan las raíces de los árboles a profundidades a las cuales no llegan las raíces de los cultivos. En los SSP esto se puede considerar como una entrada adicional de nutrientes al cultivo, ya que pasan al suelo a través de la descomposición de la hojarasca de los árboles. El proceso de FBN es el principal mecanismo de aporte de N en los ecosistemas naturales y podría ser muy importante en la agricultura, ya que la presencia de nódulos activos en especies de leguminosas indica que dicho

proceso puede suministrar cantidades considerables de nitrógeno ([Segura-Rosel et al., 2012](#)).

Entre los beneficios que brindan los árboles de la familia Fabácea se encuentran: el aumento del contenido de carbono y nitrógeno en el suelo debido a las relaciones simbióticas que establecen con bacterias del género *Rhizobium* y hongos micorrizógenos, la cual es una alternativa para la transformación y mejoramiento de los ecosistemas agrícolas y su conservación, ya que optimizan la disponibilidad de elementos en el suelo y aumenta la descomposición de la materia orgánica. Por eso es de importancia que en la península de Yucatán se incluya a la familia Fabácea que cuenta con alrededor de unas 260 especies como alternativa viable para la transformación y mejoramiento de los sistemas agrícolas y pecuarios ([Petit-Aldana et al., 2012](#)).

La alta demanda de alimentos a nivel mundial ha ocasionado un incremento en el desarrollo del sector agropecuario, lo que ha provocado pérdidas en los recursos naturales principalmente del suelo, por lo cual es necesario desarrollar sistemas de producción agrícola sostenibles como los sistemas agroforestales que aumenta los beneficios sociales, económicos y ambientales ([Sánchez et al., 2008](#)).

El propósito del estudio fue en base a evaluar los patrones de descomposición del follaje (i.e. hojas frescas) de cuatro leguminosas arbóreas nativas del estado de Quintana Roo, como lo son jabín (*Piscidia piscipula* (L.) Sarg.), cocoíte (*Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunth ex Walp.), huaxim (*Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit), y tzalam (*Lysiloma latisiliquum* (L.) Benth.) En un suelo luvisol en la época lluviosa.

## II. JUSTIFICACIÓN

La remoción excesiva y constante de vegetación en el caso de la ganadería resulta en un desbalance de nutrimentos dejando los suelos sin suficientes reservas para mantenerse productivos. El problema se agudiza cuando los nutrientes "cosechados" no son, aunque sea en parte, regresados a su lugar de origen tal es el caso de la ganadería extensiva con base en pastizales. Estos aunque se mantienen productivos los primeros años son de mala calidad, principalmente deficientes en nitrógeno (N) e insuficientes en la época de secas, ya que declinan drásticamente su productividad. Numerosos estudios en los trópicos han concluido que el N y la energía son los principales elementos que limitan la producción de los sistemas agropecuarios basados en pastos en monocultivo ([Casanova-Lugo et al., 2014](#)).

Por lo anterior, es primordial mantener la productividad de los sistemas implementando estrategias tendientes a mejorar la fertilidad de los suelos a través del reciclaje eficiente de nutrimentos. Una estrategia prometedora es el establecimiento de sistemas silvopastoriles dado que diversos estudios sostienen que estos sistemas poseen un alto potencial de aportar nutrimentos al suelo, principalmente de N a través de la materia orgánica que aportan las especies arbóreas ([Petit-Aldana et al., 2009](#)).

Al respecto, diversos estudios indican que las arbustivas cuando crecen en callejones producen aproximadamente hasta 20 t MS/ha/año conteniendo alrededor de 358 kg de N, 28 kg de P, 232 kg de K y 144 kg de Ca ([Petit-Aldana et al., 2009](#)). Las leguminosas como *L. leucocephala* tienen la capacidad de liberar en un tiempo corto más de 50% del contenido total de nutrimentos como el N, K y el P cuando se incorporan al suelo ([Bossa et al., 2005](#)), lo cual indica la excelente calidad de la biomasa que estas especies poseen para ser utilizadas en la recuperación de suelos degradados.

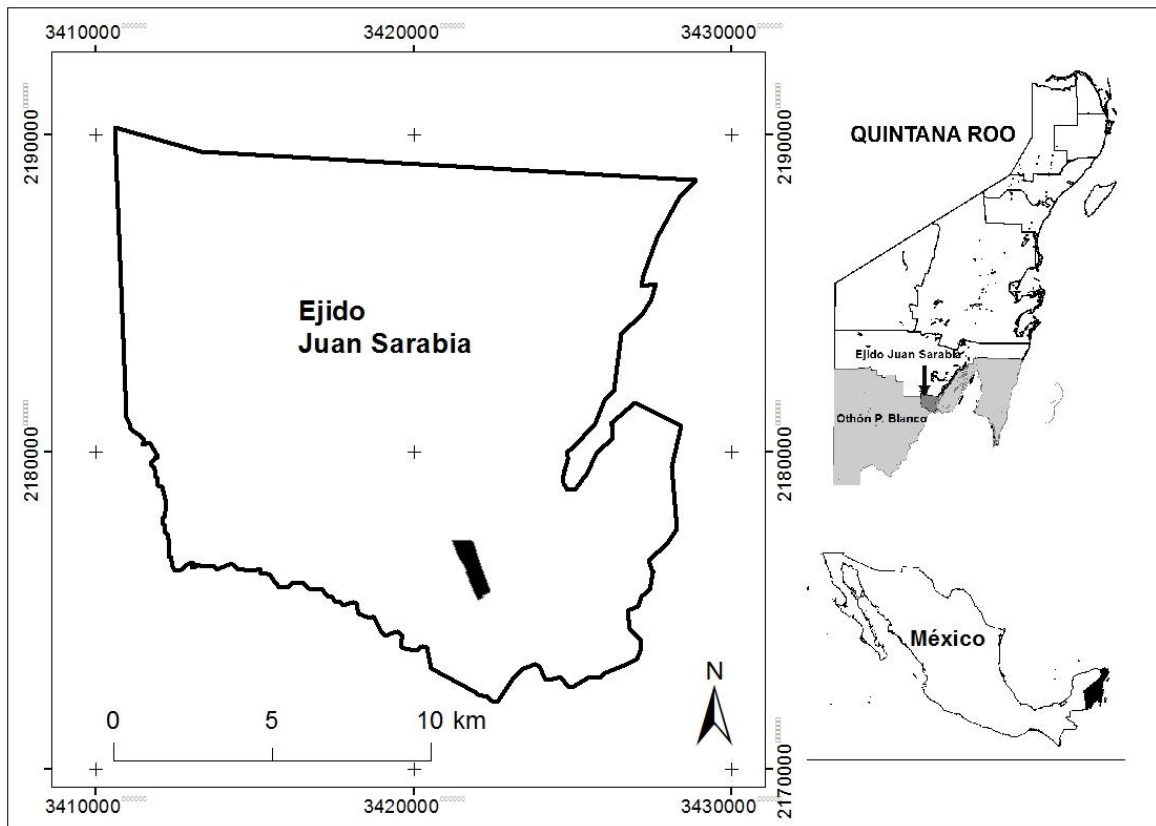


El asociar especies podría ser una estrategia para mejorar la fertilidad del suelo como es el caso de asociar especies fijadoras de N atmosférico (i.e. leguminosas), con especies no leguminosas. Datos exploratorios indican que la mezcla del follaje de especies de diferente calidad con una relación C:N baja puede favorecer la descomposición del follaje de otra especie de baja calidad, adicionalmente fomentan significativamente el reciclaje de nutrientes en sistemas silvopastoriles (Forrester *et al.*, 2005).

Sin embargo, la dinámica de estos nutrientes y como pueden estar relacionadas estas diferencias en tasa de descomposición son aún desconocidas, ya que los estudios de producción y descomposición de materia orgánica (MO) de especies que crecen asociadas han sido escasos (Forrester *et al.*, 2006) pero con resultados muy prometedores en cuanto a la calidad y pertinencia en la liberación e incorporación de nutrientes al suelo ya que ocurre un mayor flujo de estos nutrientes causados principalmente por las diferencias en la composición química y propiedades físicas de la hojarasca originadas por las distintas especies (Schimel y Hättenschwiler, 2007). Adicionalmente, las arbustivas como *L. leucocephala*, *G. sepium*, *P. piscipula* y *L. latisiliquum*) son especies nativas de rápido a moderado crecimiento que producen considerables cantidades de biomasa de excelente calidad para alimentar animales (rumiantes y mono gástricos), principalmente como suplemento de pasturas en la época de escasez (Casanova-Lugo *et al.*, 2014).

### III. DESCRIPCIÓN DEL LUGAR EXPERIMENTAL

El estudio se llevó a cabo en el Instituto Tecnológico de la Zona Maya (ITZM) localizado a 21.5 kilómetros de la carretera Chetumal a Escárcega, en el municipio de Othón P. Blanco (Figura 1). Está ubicado en las coordenadas geográficas  $21^{\circ} 51'$  latitud norte y  $89^{\circ} 41'$  longitud oeste con un clima cálido subhúmedo tipo  $Aw_1$ , (cálido húmedo con lluvias en verano y parte del invierno). La temperatura media anual fluctúa entre los  $24.5$  y  $25.8$  °C (García, 1988). Se encuentra casi a nivel del mar y su topografía es plana.



**Figura 1.** Sitio de estudio en el Instituto Tecnológico de la Zona Maya.

## IV. OBJETIVOS

### 4.1. Objetivo general

Evaluar la tasa de descomposición del follaje de cuatro leguminosas arbóreas (*P. piscipula*, *G. sepium*, *L. leucocephala* y *L. latisiliquum*), en un suelo luvisol durante la época de lluvias en el sur del estado de Quintana Roo México.

### 4.2. Objetivos específicos

- Cuantificar la proporción de masa remanente follaje de cuatro leguminosas arbóreas (*P. piscipula*, *G. sepium*, *L. leucocephala* y *L. latisiliquum*), a diferentes tiempos de muestreo, en la época de lluvias.
- Elaborar ecuaciones de regresión no-lineal para estimar la constante de descomposición del follaje de cuatro leguminosas arbóreas (*P. piscipula*, *G. sepium*, *L. leucocephala* y *L. latisiliquum*), durante la época de lluvias.

## V. MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se llevó a cabo en el área correspondiente a la posta del ITZM (Figura 1). Para ello se emplearon hojas frescas de cuatro leguminosas arbóreas nativas como *P. piscipula*, *G. sepium*, *L. leucocephala* y *L. latisiliquum*, con las características descritas en el Cuadro 1.

**Cuadro 1.** Algunas características dasométricas y ubicación geográfica de las especies de estudio en el ejido Juan Sarabia, Quintana Roo.

Característica	<i>P. piscipula</i>	<i>G. sepium</i>	<i>L. leucocephala</i>	<i>L. latisiliquum</i>
AT, m	12.2	8.5	5.5	21.7
D.A.P., cm	17.2	15.9	8.0	54.7
MS, %	33.7	24.0	34.3	35.6
Ubicación geográfica				
Latitud Norte	18° 31' 52"	18° 31' 17"	18° 31' 56"	18° 31' 50"
Longitud Oeste	88° 29' 43"	88° 29' 29"	88° 29' 36"	88° 29' 46"

AT, altura total; D.A.P., diámetro a la altura de pecho (a 1.30 m), MS, contenido de materia seca de las hojas.

La biomasa de las especies leguminosas de estudio fue cosechada de diferentes partes de la copa hasta alcanzar una cantidad de aproximadamente 20 kg por especie de material fresco. Posteriormente fue separada en dos fracciones: hojas y tallos, cabe señalar que en este estudio sólo se emplearon las hojas.

### 5.2. Descomposición de biomasa

Para conocer los patrones de descomposición de la biomasa se empleó la técnica de las litter-bags, mejor conocida como “bolsas de descomposición”, la cual ha sido reportada ampliamente por diversos autores ([Partey et al., 2011](#); [Segura-Rosel et al., 2012](#); [Petit-Aldana et al., 2012](#); [Ceccon et al., 2015](#)).

Para ello en cada una de las bolsas de descomposición se colocó de manera individual 107 g, 158 g, 139 g y 107 g de hojas frescas de *P. piscipula*, *G. sepium*, *L. leucocephala*, y *L. latisiliquum*, respectivamente, y que fueron equivalentes a 40 g de materia seca (MS). Las hojas fueron colocadas en un total de 112 litter-bags (28 bolsas por especie), con apertura de malla de 1.5 mm y un tamaño de 30 cm de largo y 30 cm de ancho cada una de ellas.

Posteriormente, las bolsas fueron distribuidas de manera aleatoria en una parcela con un suelo luvisol, característico de la zona de estudio. A las 4, 8, 12 y 16 semanas fueron retiradas 7 bolsas de cada especie, a las cuales se les extrajo el material remanente, se limpiaron cuidadosamente para remover cualquier residuo de suelo, y fueron secadas con una estufa de circulación de aire forzado a 65°C hasta alcanzar un peso constante. Finalmente, con los datos anteriores se calculó la masa remanente (MR), de acuerdo a la Ecuación 1:

$$MR(\%) = \frac{M_t}{M_i} \times 100 \quad \text{[Ecuación 1]}$$

Dónde  $M_t$  es el peso seco del material remanente o nutriente en el tiempo  $t$ ,  $M_i$  es el peso inicial del material fresco o nutriente.

La constante de descomposición  $k$ , será calculada con la Ecuación 2:

$$\ln = \frac{M_i}{M_t} = k \cdot t \quad \text{[Ecuación 2]}$$

Dónde  $M_i$  es la masa en el tiempo cero;  $M_t$  es la masa en el tiempo  $t$ ;  $t$  es el tiempo de incubación (semanas) y  $k$  se refiere a la constante de descomposición. Para determinar la constante de descomposición exponencial ( $k$ ), se utilizará el modelo exponencial simple de acuerdo a la Ecuación 3 citado por [Teklay et al. \(2007\)](#):

$$Y = a \cdot e^{-k \cdot t} \quad \text{[Ecuación 3]}$$

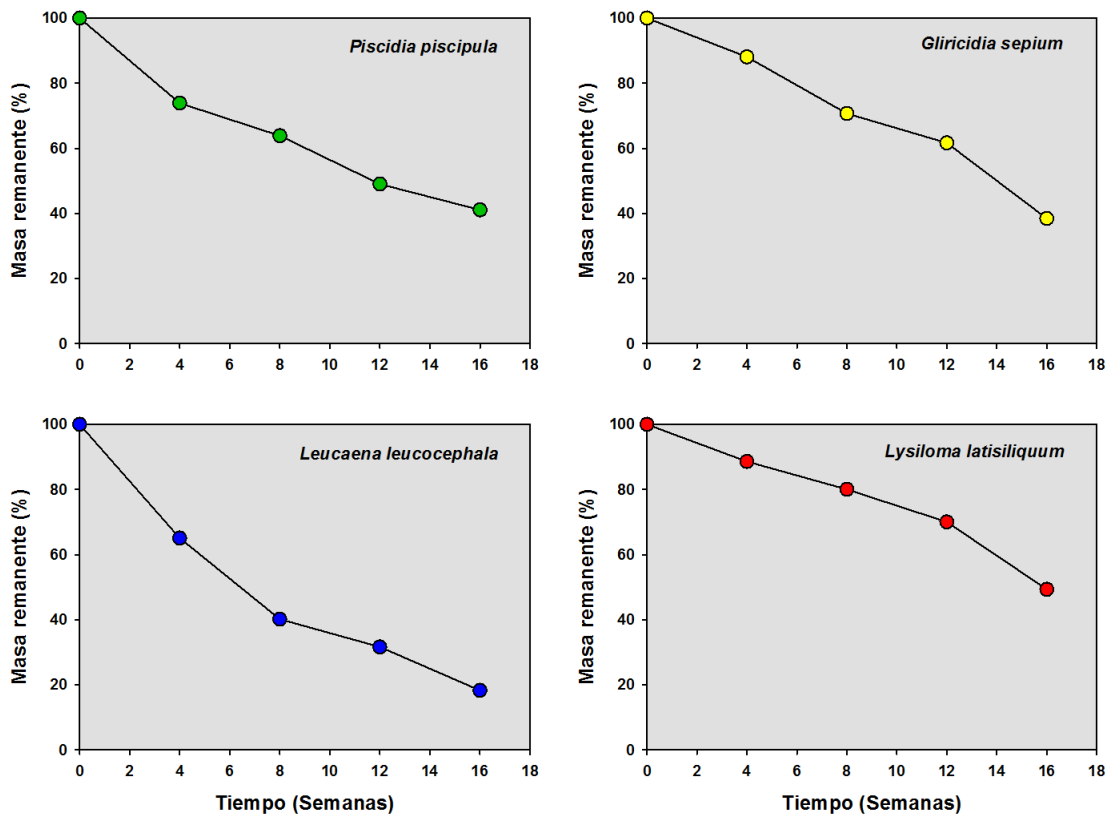
Dónde:  $Y$ , es la cantidad de material remanente o nutriente a un tiempo determinado ( $t$ );  $a$ , es la cantidad de material aplicado (peso seco inicial);  $e$ , es la base del logaritmo natural; y  $k$ , es la constante de descomposición.

### **5.3. Análisis de datos**

Los datos de descomposición de biomasa fueron sometidos a estadística descriptiva donde se emplearon las medias para observar tendencias entre el tiempo de muestreo para cada especie. Asimismo, se realizó un análisis de regresión no-lineal con la finalidad de elaborar ecuaciones para estimar la pérdida de masa de las hojas frescas para cada especie durante la época de lluvias. Los análisis fueron realizados con el paquete estadístico Sigmaplot ver. 11.0 para Windows®.

## VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados del presente estudio muestran que la descomposición potencial de las hojas de *P. piscipula* fue de 26%, 36%, 51% y 59%, a las 4, 8, 12 y 16 semanas de evaluación, respectivamente, de acuerdo con los valores de la masa remanente encontrados para cada tiempo de muestreo. En el caso de *G. sepium* fue del 12%, 29%, 38% y 62%, respectivamente. Para *L. leucocephala* fue del 35%, 60%, 68% y del 82%. Y finalmente, para *L. latisiliquum* el porcentaje de descomposición fue del 11%, 20%, 30% y 51%, respectivamente.



**Figura 1.** Masa remanente de las hojas frescas de *Piscidia piscipula* (L.) Sarg., *Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunth ex Walp., *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit, y *Lysiloma latisiliquum* (L.) Benth., a diferentes tiempos de muestreo en la época de lluvias (de junio a noviembre de 2015), en un suelo luvisol en el sur del estado de Quintana Roo, México.

En el cuadro 2 se muestra la constante de descomposición ( $k$ ) y los coeficientes de regresión ( $R^2$ ) que explican el proceso de descomposición de las hojas de las cuatro especies leguminosas estudiadas en la estación lluviosa. Para la pérdida de masa, las especies leguminosas tuvieron valores de  $k$  que fluctuaron entre 0.15 para el caso de *L. latisiliquum* y de 0.42 para *L. leucocephala*. Lo anterior indica que la velocidad de descomposición es mayor en esta última especie en comparación con las demás especies. Adicionalmente, los modelos de regresión obtenidos presentaron coeficientes que van de 0.94 a 0.99, los cuales fueron altamente significativos (Cuadro 2).

**Cuadro 2.** Ecuaciones de regresión no-lineal (modelo simple:  $Y=a \cdot e^{-k \cdot t}$ ) para estimar la pérdida de masa de las hojas frescas de cuatro leguminosas arbóreas nativas con potencial silvopastoril, durante la época de lluvias (de junio a noviembre de 2015), en un suelo luvisol en el sur del estado de Quintana Roo, México.

Masa remanente	$a$	E.E.	$k$	E.E.	$R^2$	D.E.R.	$P$
<i>P. piscipula</i>	122.75	4.82	0.23	0.02	0.98	3.01	0.0006
<i>G. sepium</i>	126.61	9.41	0.20	0.03	0.95	6.15	0.0048
<i>L. leucocephala</i>	151.32	5.93	0.42	0.02	0.99	2.57	0.0001
<i>L. latisiliquum</i>	119.07	7.73	0.15	0.02	0.94	5.57	0.0068

$a$ , indica el intercepto; E.E., error estándar;  $k$ , constante de descomposición;  $R^2$ , coeficiente de determinación, D.E.R., desviación estándar residual;  $P$ , significancia.

La mayor velocidad de descomposición fue para *L. leucocephala*, seguido de *P. piscipula*, *G. sepium* y *L. latisiliquum*, que esta última fue la más lenta en descomponerse. Esto es similar a lo reportado por algunos autores quienes indican que durante las fases iniciales la descomposición es mucho más rápida al degradarse las sustancias más lábiles (elementos solubles y carbohidratos). Por el contrario, las fracciones menos lábiles de la hojarasca, como la lignina, celulosa y metabolitos secundarios (i.e. taninos, fenoles, alcaloides, saponinas, entre otros),



reducen la velocidad de descomposición de la biomasa (Berg, 2000; Preston y Trofymow, 2000; Teklay, 2007).

Lo anterior puede estar relacionado con la acción de la macro-fauna encargada de fragmentar físicamente los residuos vegetales que mejora las condiciones del material para que la micro-fauna continúe con el proceso de descomposición. No obstante, la fase final es más lenta debido a que es llevada a cabo por hongos y bacterias del suelo (Reynolds y Hunter, 2001).

Otro factor importante es la composición química de las hojas, que está estrechamente relacionada con la descomposición (Teklay, 2007). Al respecto, Martín y Rivera (2004), señalan que la relación C:N podría ayudar a explicar la descomposición de la hojarasca; especies con alta relación C: N (>25) requerirán mayor tiempo para su degradación en el suelo, a diferencia de las especies con una baja relación C:N. Esto concuerda con lo reportado por Petit-Aldana et al. (2011), quienes indican que la mezcla del follaje de *L. leucocephala* con *Moringa oleífera* tuvo una relación C:N de 15, mientras que para el follaje de *L. leucocephala* fue mayor (20). Por su parte, Vanlauwe et al. (1997) encontró que, en un sistema de cultivo mixto la hojarasca de *Leucaena spp.*, logró su total descomposición a los 112 días y este proceso fue más rápido debido a la menor relación C: N, mientras el pasto *Senna siamea* presentó mayor relación C:N y por lo tanto una menor descomposición.

Entonces, para el presente estudio faltaría determinar la composición química, principalmente, C y N, y con ello tratar de explicar los mecanismos de liberación de nutrientes al suelo y la contribución potencial de estas especies en sistemas silvopastoriles.

Otro factor a considerar son las precipitaciones que se presentaron durante el período experimental, esto pudo tener efecto en la tasa de descomposición, ya que la lluvia pudo favorecer el lavado de los compuestos más hidrosolubles, y las

condiciones de humedad fueron favorables para la actividad de la biota responsable de la descomposición ([Reynolds y Hunter, 2001](#)).

En este contexto, [Salazar \(2008\)](#), reporta que en un bosque conformado por *Castanea sativa* y *Quercus pyreanica* en el período con baja humedad, en la capa superficial del suelo, el proceso de descomposición se hizo más lento, pero la época de lluvias favoreció la actividad de microbiana del suelo y se produjeron pérdidas significativas de material vegetal.

Al respecto, en el presente estudio no se registró la humedad relativa, ni la mucho menos la precipitación, sin embargo esta información podría explicar de manera concreta de como los factores climáticos son determinantes para promover la liberación de materia orgánica y nutrientes al suelo por parte de los árboles y arbustos.

## VII. PROBLEMAS RESUELTOS Y LIMITANTES

Durante la colecta a las 4 y 8 semanas, se encontró que algunas bolsas de descomposición estaban rotas, por lo que parte del material remanente se perdió principalmente en *L. leucocephala* y *L. Latisiliquum*, por lo que tuvieron que eliminarse estas muestras.

Por otra parte, el sitio experimental tenía difícil acceso durante las lluvias. Asimismo, las muestras retenían demasiada humedad por lo que el tiempo de secado de las muestras se incrementó. También, el exceso de lluvia incremento el tiempo de limpieza de las muestras debido al lodo que se quedó adherido a las hojas.

## **VIII. COMPETENCIAS APLICADAS O DESARROLLADAS**

Desarrollar el proceso productivo agropecuario con un enfoque holístico y sustentable de los recursos disponibles.

Generar, adoptar y transferir tecnologías apropiadas a las necesidades del entorno.

Integrar los sistemas de producción a cadenas productivas para generar valor agregado.

Operar y administrar empresas propias o en sociedad a fin de lograr el uso eficiente de los recursos y la generación de empleos.

## IX. CONCLUSIÓN

Se concluye que las hojas de *L. leucocephala* poseen la mayor velocidad de descomposición, mientras que *G. sepium* y *P. piscipula* muestran una velocidad de descomposición moderada, a diferencia de *L. latisiliquum* que su degradación fue mucho más lenta.

## **X. RECOMENDACIONES**

Se recomienda continuar las evaluaciones de las especies leguminosas durante la estación seca, dado que los patrones de descomposición de la biomasa podrían ser diferentes en comparación con la época lluviosa.

Se sugiere estudiar los patrones de liberación de nutrientes, principalmente N, dado que es el elemento limitante en los suelos tropicales y es fundamental para el crecimiento de las plantas, principalmente para gramíneas con potencial forrajero.

Se sugiere evaluar una mayor cantidad de especies arbóreas con potencial silvopastoril, ya sea leguminosas y no-leguminosas, y con ello contribuir a la sostenibilidad de los suelos en los sistemas de producción agro-pecuarios del estado de Quintana Roo.

## XI. REFERENCIAS

- BERG, B. (2000). Litter decomposition and organic matter turnover in forest soils. *Forest Ecology and Management*, 133:13-22.
- BOSSA, J.R.; ADAMS, J.F.; SHANNON, D.A.; MULLINS, G.L. (2005). Phosphorus and potassium release pattern from *Leucaena* leaves in three environment of Haiti. *Nutrients Cycling in Agroecosystems*, 73: 25-35.
- CASANOVA-LUGO, F.; PETIT-ALDANA, J.; SOLORIO-SÁNCHEZ, F.J.; PARSONS, D.; RAMÍREZ-AVILÉS, L. (2014). Forage yield and quality of *Leucaena leucocephala* and *Guazuma ulmifolia* in mixed and pure fodder banks systems in Yucatan, Mexico. *Agroforestry Systems*, 88: 29-39.
- CECCON, E.; SANCHEZ, I.; POWERS, J.S. (2015). Biological potential of four indigenous tree species from seasonally dry tropical forest for soil restoration. *Agroforestry Systems*, 89: 445-467.
- ESCAMILLA, A.; QUINTAL, F.; MEDINA, F.; GUZMÁN, A.; PÉREZ, E.; CALVO, L.M. (2005). Relaciones suelo-planta en ecosistemas naturales de la Península de Yucatán: Comunidades dominadas por palmas. *En: Bautista-Zúñiga, F. y Palacio, G. (Eds.). Caracterización y manejo de los suelos de la Península de Yucatán, Implicaciones agropecuarias y ambientales. Universidad Autónoma de Campeche-Universidad Autónoma de Yucatán, pp. 159-172.*
- FORRESTER, D.I.; BAUHUS, J.; COWIE, A.L.; VANCLAY, J. (2006). Mixed-species plantations: of *Eucalyptus globules* and *Acacia mearnsii* with nitrogen-fixing trees: a review. *Forest Ecology and Management*, 233: 211-230.

- FORRESTER D.I., BAUHUS J., COWIE A.L. (2005). On the success and failure of mixed-species tree plantations: lessons learned from a model system of *Eucalyptus globules* and *Acacia mearnsii*. *Forest Ecology and Management*, 209: 147–155.
- GARCÍA, E. (1988). Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen para adaptarlos a las condiciones de la República Mexicana. Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- MARTÍN, G.; RIVERA, R. (2004). Mineralización del nitrógeno incorporado con los abonos verdes y su participación en la nutrición de cultivos de importancia económica. *Cultivos Tropicales*. 25(3): 89–96.
- PARTEY, S.T.; QUASHIE-SAM, S.J.; THEVATHASAN, N.V.; GORDON, A.M. (2011). Decomposition and nutrient release patterns of the leaf biomass of wild sunflower (*Tithonia diversifolia*): a comparative study with four leguminous agroforestry species. *Agroforestry Systems*, 81: 123-134.
- PETIT, A.J.; CASANOVA, L.F.; SOLORIO, S.F.J. (2009). Asociación de especies arbóreas forrajeras para mejorar la productividad y el reciclaje de nutrimentos. *Agricultura Técnica en México*, 35(11):107-116.
- PETIT-ALDANA, J.; URIBE-VALLE, G.; CASANOVA-LUGO, F.; SOLORIO-SÁNCHEZ, J.; RAMÍREZ-AVILÉS, L. (2012). Descomposición y liberación de nitrógeno y materia orgánica en hojas de *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit, *Guazuma ulmifolia* Lam. y *Moringa oleifera* Lam. en un banco mixto de forraje. *Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 18 (1): 5-25.
- PRESTON, C.M.; TROFYMOW, J.A. (2000). Canadian intersite decomposition experiment working group, variability in litter quality and its relationship to



litter decay in Canadian forests. Canadian Journal of Botany, 78: 1269-1287.

REYNOLDS, B.C.; HUNTER, M.D. (2001). Responses of soil respiration, soil nutrients, and litter decomposition to inputs from canopy herbivores. Soil Biology and Biochemistry, 33: 1641-1652.

SALAZAR, S. (2008). Estudios de procesos ecológicos para el desarrollo sostenible del castaño (*Castanea sativa* Mill.) de la sierra de Francia. Tesis de Doctorado en Ciencias. Universidad de Salamanca, España.

SÁNCHEZ, S. (2008). Acumulación y descomposición de la hojarasca en un pastizal de *Panicum maximum* Jacq. y en un sistema silvopastoril asociado de *P. maximum* y *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. Zootecnia Tropical. 26 (3): 269-273.

SCHIMMEL, J.P.; HÄTTENSCHWILER, S. (2007). Nitrogen transfer between decomposing leaves of different N status. Soil Biology and Biochemistry, 39(7): 1428-1436.

SEGURA-ROSEL, A.; CASANOVA-LUGO, F.; SOLORIO-SÁNCHEZ, F.; CHAYCANUL, A.J. (2012). Association of woody species in fodder banks: influence on litter production, decomposition and nitrogen release. Tropical and Subtropical Agroecosystems, 15: 1–8.

SILESHI, G.; MAFONGOYA, P.L. (2007). Quantity and quality of organic inputs from coppicing leguminous trees influence abundance of soil macro fauna in maize crops in eastern Zambia. Biology and Fertility of Soils. 43:333–340.

TEKLAY, T. (2007). Decomposition and nutrient release from pruning residues of two indigenous agroforestry species during the wet and dry seasons. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 77: 115–126.

VANLAUWE, B.; SANGINGA, N.; MERCKX, R. (1997). Decomposition of four *Leucaena* and *Senna* prunings in alley cropping systems under sub-humid tropical conditions. The process and its modifiers. *Soil Biology Biochemistry*, 29 (2): 131-137.

## XII. ANEXOS



Elaboración de las litter - bags



Limpieza de las hojarascas



Separación y limpieza



Pesamiento de las hojarascas



Sitio experimental



Secado de las muestras



Distribución de las litter-bags en el sitio experimental.



Distribución de litter-bags.



secado de muestras



Colecta de las hojas frescas.