

49  
2c1



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

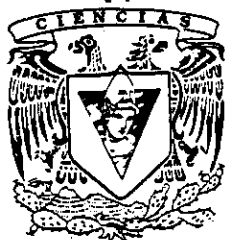
FACULTAD DE CIENCIAS

## LA DESCOMPOSICIÓN DE LEGUMINOSAS Y SU RELACIÓN CON LA FAUNA EDAFÍCOLA EN LA MILPA INTENSIVA MAYA

### TESIS

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:  
**BIÓLOGA**

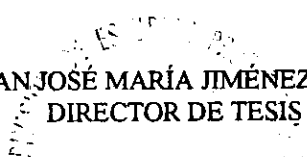
PRESENTA:  
**MA. DEL CARMEN DELGADO CARRANZA**



FACULTAD DE CIENCIAS  
UNAM

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

DR. JUAN JOSÉ MARÍA JIMÉNEZ OSORNIO  
DIRECTOR DE TESIS



ELABORADO EN 1998  
REGISTRO DE TESIS  
FACULTAD DE CIENCIAS UNAM

212076



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

M. en C. Virginia Abrín Batule  
Jefe de la División de Estudios Profesionales de la  
Facultad de Ciencias  
Presente

Comunicamos a usted que hemos revisado el trabajo de Tesis:  
"LA DESCOMPOSICION DE LEGUMINOSAS Y SU RELACION CON LA FAUNA EDAFICOLA  
EN LA MILPA INTENSIVA MAYA"

realizado por DELGADO CARRANZA MA. DEL CARMEN

con número de cuenta 7507282-7 , pasante de la carrera de BIOLOGIA

Dicho trabajo cuenta con nuestro voto aprobatorio.

Atentamente

Director de Tesis  
Propietario

DR. JUAN JOSE MARIA JIMENEZ OSORNIO

Propietario

DRA. ANA LUISA ANAYA LANG

Propietario

DRA. EDNA NARANJO GARCIA

Suplente

DRA. ROCIO CRUZ ORTEGA

Suplente

BIOL. MARIA ANTONIETA ARIZMENDI ESPINOSA

FACULTAD DE CIENCIAS  
U.N.A.M.

Consejo Departamental de Biología

M. EN C. ALEJANDRO MARTINEZ MENA

## **Agradecimientos**

Agradezco a las siguientes personas e instituciones que ayudaron para la realización de este trabajo:

Al Dr. Juan José Jiménez-Osornio, por la dirección, apoyo y confianza en el desarrollo de la tesis.

Al M. en C. Francisco Bautista Zúñiga, por la asesoría dedicada a este trabajo.

A las siguientes personas que participaron como sínodo, por el tiempo dedicado a la revisión de este trabajo y sus valiosos comentarios para mejorarlo:

Dra. Ana Luisa Anaya Lang

Dra. Edna Naranjo García

Bióloga María Antonieta Armendariz Espinosa

Dra. Rocío Cruz Ortega

Al M. en C. Arturo Caamal y Dr. Bernard Triomphe por sus valiosas observaciones y sugerencias para mejorar este trabajo.

A todo el personal del Departamento de Manejo y Conservación de Recursos Naturales Tropicales, por el apoyo diverso en la realización de esta tesis.

Al Departamento de Manejo y Conservación de Recursos Naturales Tropicales (Protropico) de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Autónoma de Yucatán, por el apoyo económico y de infraestructura.

Al CONACyT que apoyó el proyecto 0308P-B "Efecto de las leguminosas en la materia orgánica, fauna y microclima del suelo de la milpa en la Zona Henequenera de Yucatán", por el apoyo económico y beca.

Al Interamerican Institute for Global Change Research, por el apoyo económico para el proyecto "Biogeochemical determinants of land cover change and land use in savvana cultivation-grazing systems", del cual formó parte este trabajo.

## Dedicatoria

A mis padres Sr. Donato Delgado Guadiana y Sra. Caritina Carranza Nieto, porque me dieron la vida, me alimentaron, educaron y me aman. Aprovecho esta ocasión para agradecerles todo lo que han hecho por mí. Los quiero mucho.

A mis hermanos: Enrique, Cristina, Alicia, Donato, Arnulfo y sus respectivas familias, por el amor que nos une.

Con mucho cariño a mis sobrinos (as) Erika, Luz, Alejandra, Ana, Oscar y Said, por la alegría de verlos crecer.

Con mucho amor a Francisco, Dorian y Paco, *Mi familia.*

A mis amigos de siempre: Rosa, Rafael, Pili, San, Rosa R., Chela T., Chela Q. Xóchitl E., a quienes recuerdo con mucho cariño.

A la UNAM, que me dio empleo y educación desde el bachillerato.

# C O N T E N I D O

<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
1.1 Objetivos	3
1.2 Hipótesis	3
<b>2. ANTECEDENTES Y FUNDAMENTOS TEÓRICOS</b>	<b>4</b>
2.1 Antecedentes	4
2.2 Fundamentos teóricos	12
<b>3. MATERIALES Y MÉTODOS</b>	<b>21</b>
3.1 Descripción de la parcela experimental y estrategia de estudio	21
3.2 Descomposición	21
3.3 Calidad química de los mantillos	23
3.4 Fauna del suelo	23
<b>4. RESULTADOS</b>	<b>26</b>
4.1 Descomposición	26
4.2 Fauna del suelo	35
<b>5. DISCUSIÓN</b>	<b>40</b>
5.1 Descomposición	40
5.2 Fauna del suelo	43
5.3 Importancia biológica y agronómica de los mantillos	46
<b>6. CONCLUSIONES</b>	<b>49</b>
<b>7. REFERENCIAS</b>	<b>50</b>

## R E S U M E N

En la Zona Henequenera de Yucatán, se produce maíz bajo el sistema tradicional de milpa de roza-tumba-quema. Con el crecimiento de la población y la disminución de tierras para cultivar maíz, el tiempo de barbecho para recuperar la fertilidad del suelo, ha disminuido de 16-25 años, hasta 6-8 años. El uso de barbechos de poco tiempo se refleja en la producción, siendo de 1.5 t/ha en el primer año y de 0.7 t/ha en el segundo. El uso de mantillos de leguminosas, que abundan en la región, es una opción de bajo costo, por medio de la cual se aportan nutrimentos que mejoran la fertilidad del suelo. El objetivo de este estudio fue evaluar a los mantillos de las leguminosas *Leucaena leucocephala* y *Lysiloma latisiliquum*, como fuente de N en un cultivo de maíz y su efecto en las poblaciones de lombrices y caracoles. El trabajo se realizó en una parcela experimental en Xmatkuil, Mérida, Yucatán bajo un diseño de bloques al azar. Los mantillos secos de *Leucaena leucocephala* y *Lysiloma latisiliquum* contienen 3.49% y 2.86% de N; 7.97% y 15.42% de lignina; 3.95% y 8.6% de polifenoles y 64% y 56% de agua, respectivamente. Los procesos de descomposición de *Leucaena leucocephala* y *Lysiloma latisiliquum* se ajustaron al modelo de la exponencial negativa con k de descomposición de -24.1 y -1.5, y vida media ( $t_{50}$ ) de 10.5 y 171 días respectivamente. Estas diferencias se explican por la mayor cantidad de lignina en *Lysiloma latisiliquum*. Con el mantillo de *Leucaena leucocephala* se depositaron 3.6 t/ha de biomasa en peso seco, mientras que con *Lysiloma latisiliquum* fueron 5.8 t/ha. La cantidad de nitrógeno aportada con la biomasa de *Leucaena leucocephala* fue de 126 kg/ha de N en peso seco, mientras que con *Lysiloma latisiliquum* fue de 167 kg/ha. Durante los primeros 20 días, ambas leguminosas liberaron alrededor de 75 kg/ha de N. Estas cantidades son adecuadas para obtener buena producción de maíz, sin embargo, debe sincronizarse la liberación del nitrógeno con la etapa de crecimiento del maíz, colocando los mantillos 15 días después de la siembra. Al final del ciclo agrícola el total de nitrógeno liberado por *Leucaena leucocephala* fue del 80% y con *Lysiloma latisiliquum* del 50%. El mantillo de *Lysiloma latisiliquum* retiene por mayor tiempo el nitrógeno además, como posee mayor cantidad de compuestos recalcitrantes, puede favorecer los procesos de formación de la materia orgánica del suelo. Las parcelas con mantillo de *Leucaena leucocephala* presentan en general mayor densidad de lombrices que *Lysiloma latisiliquum*, pero respecto al deshierbe manual no presentan diferencias. Las poblaciones de caracoles no presentaron diferencias significativas entre los mantillos y los controles. Se observó que en general, las poblaciones de lombrices y caracoles dependen más de los cambios de la humedad, que con relación a los mantillos.

## 1. Introducción

La producción de maíz en el estado de Yucatán es básicamente para autoconsumo y se realiza bajo el sistema de roza tumba y quema (RTQ), constituyendo a nivel nacional, la mayor extensión cultivada con este sistema (INEGI, 1995).

Peniche (1994) reporta que se cultivan en este Estado alrededor de 150 mil ha de las cuales el 99% es de temporal. La producción obtenida en el periodo de 1984 a 1993 oscila en un intervalo de 200 a 1000 kg/ha, con promedios de 600 a 950 kg/ha. Esta variación es atribuida principalmente a la incertidumbre de la precipitación pluvial. Pérez Toro (1981); Hernández X. (1985), reportan rendimientos de maíz de 1.5 t/ha en el primer año después de la quema y 0.7 t/ha en el segundo.

Actualmente, debido al aumento de la población y de la ganadería extensiva, el periodo de barbecho ha disminuido. Peniche (1994) menciona que el 55% de la superficie cultivada con maíz, tiene menos de diez años de barbecho, por lo que difícilmente se recupera la fertilidad del suelo (Duch, 1992; Terán y Rasmussen, 1994). Otros factores que influyen en la baja producción son la proliferación de arvenses, (Pérez Toro, 1981; Hernández X., 1985) y el que los suelos de esta zona son muy pedregosos y someros, que no permiten la mecanización y labranza (Duch, 1992; Zizumbo, 1992; Peniche, 1994).

La milpa en el estado de Yucatán, se ha mantenido en parte, porque es un policultivo que permite obtener al menos la cosecha de uno de los cultivos; es de bajos insumos; además hay otros ingresos que apoyan a la subsistencia familiar campesina (Villanueva, 1990; Terán y Rasmussen, 1994); sin embargo, la tendencia es a la disminución o abandono de la práctica de la milpa (Zizumbo, 1992; Paré y Fraga, 1994).

En este contexto, en la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Autónoma de Yucatán, en el Departamento de Manejo y Conservación de Recursos Naturales Tropicales, se desarrolla investigación, relacionada con sistemas tradicionales de producción. La finalidad es conjuntar el conocimiento campesino con el derivado de la experimentación formal, para desarrollar un manejo de los recursos naturales, que permita la permanencia de estos sistemas productivos. Una de las principales estrategias es aumentar el número de veces el cultivo en un mismo sitio, a través del mantenimiento de la fertilidad del suelo y el control de las arvenses (Jiménez-Osornio, 1993).

A largo plazo, la finalidad es recuperar la sustentabilidad de los sistemas tradicionales y así evitar la disminución de la emigración de los campesinos. En un contexto más amplio, la disminución de la práctica de la RTQ, favorecerá el mantenimiento de los bosques, la conservación de los suelos y de la biodiversidad (Brady, 1994; Sánchez y Anaya, 1994).



Este trabajo forma parte de un proyecto que evalúa la aplicación de abonos verdes como coberturas vivas y muertas, para recuperar la fertilidad del suelo y control de arvenses (Jiménez-Osornio, 1993). El objetivo fue evaluar la hojarasca de las leguminosas *Lysiloma latisiliquum* y *Leucaena leucocephala*, colocada en forma de mantillo en el cultivo de maíz.

Estas leguminosas presentan una amplia distribución y abundancia en la vegetación secundaria de la región, que corresponde a la selva baja caducifolia. Las leguminosas aparecen desde las primeras etapas sucesionales; abundan en los barbechos de las milpas; en henequenales abandonados y en general, en lugares muy alterados, como las orillas de los caminos y carreteras (Levy y Hernández X., 1992; Mizrahi *et al.*, 1997; Ortega, 1997).

Se sabe que el uso de mantillos de hojarasca mejora notablemente las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo (Sánchez *et al.*, 1989; Palm y Sánchez, 1991). y sus efectos dependen del tiempo de residencia, calidad y la forma de aplicación (Lal *et al.*, 1980). La especie *Leucaena leucocephala* tiene altos contenidos de nitrógeno y ha sido estudiada como mantillo y mejoradora de la calidad del suelo (Tian *et al.*, 1992b y 1997; Kachaka *et al.*, 1993; Vanlauwe *et al.*, 1997). Es necesario conocer sus efectos en zonas de clima seco como es el noroeste de Yucatán. En zonas subhúmedas o secas, como las del noroeste de Yucatán, la humedad puede ser un factor limitativo, por lo que se hizo necesaria la evaluación del proceso de descomposición bajo estas condiciones.

El proceso de descomposición está determinado principalmente por la humedad y temperatura, la calidad química de la planta y los micro y macroorganismos del suelo (Swift *et al.*, 1979 citados por Heal *et al.*, 1997). En los ecosistemas tropicales húmedos, donde la temperatura y humedad es alta, la calidad del recurso y los organismos son los que se encargan de regular la descomposición (Lavelle *et al.*, 1993).

Con los mantillos también se mejora el microclima y se aporta materia orgánica, lo cual mejora en gran parte las interacciones bióticas, que a su vez repercuten en el flujo y aprovechamiento de los nutrientes. Por ejemplo, la actividad de la macrofauna se ve favorecida ya que su papel principal en la descomposición inicial de los materiales es disminuir su tamaño, trasladarlo y mezclarlo con el suelo. De aquí que con este trabajo se planteó evaluar el efecto de los mantillos en dos grupos de la macrofauna del suelo: lombrices y los caracoles.

### **1.1 Objetivos.**

Generales:

1. Evaluar la aplicación de mantillos de hojarasca fresca de las leguminosas *Lysiloma latisiliquum* y *Leucaena leucocephala*, mediante su tasa de descomposición y sincronía con el desarrollo del maíz.
2. Conocer el efecto de la calidad química de los mantillos, en las poblaciones de lombrices y caracoles en un cultivo de maíz.

Particulares:

- Determinar la calidad del recurso de los mantillos, para evaluar la cantidad aplicada.
- Determinar la tasa de descomposición de la hojarasca de las leguminosas, para saber la cantidad de nitrógeno y la velocidad a la cual se depositó en el suelo.
- Estimar el efecto de la calidad de los mantillos, en la densidad de las poblaciones de caracoles terrestres y lombrices.

### **1.2 Hipótesis.**

- Los compuestos fibrosos como la lignina, determinan la tasa de descomposición por lo que se espera que los mantillos que contengan mayor cantidad de fibras, permanezcan más tiempo en el suelo, ya que su descomposición es más lenta.
- Se espera que el mantillo que tenga una mayor tasa de descomposición, pueda liberar al suelo más rápidamente el nitrógeno.
- La colocación de los mantillos al mismo tiempo que la siembra del maíz, puede favorecer que el nitrógeno liberado al suelo, se aproveche por el cultivo en sus primeras etapas de desarrollo.
- Uno de los factores que determinan la presencia de la fauna en el suelo, es la calidad de la hojarasca; se espera que la aplicación de mantillos de leguminosas de alta calidad aumenten las poblaciones de lombrices y caracoles respecto a los tratamientos testigo.

## 2. Antecedentes y fundamentos teóricos

### 2.1 Antecedentes

#### Ubicación geográfica

El sitio en donde se realizó este estudio se encuentra en Xmatkuil, Yucatán a 15.5 Km al SE de Mérida, a 10 msnm. Forma parte de la Zona Henequenera, ubicada al Noroeste del estado de Yucatán, el cual está comprendido entre los paralelos 19° 15' y 21° 37' I N y los meridianos 87° 30' y 90° 26' IW (Duch, 1991).

#### Clima

De acuerdo con la clasificación climática de Köppen (modificada por E. García, 1983) el clima de la zona de estudio corresponde al tipo Awo, con condiciones subhúmedas cálidas con lluvias en verano y marcada sequía intraestival en la mitad caliente del año; la temperatura media anual es de 26°C; la temperatura media anual más baja es de 24.5°C en la costa, y la más alta de 27.8°C en la Sierra de Ticul; la del mes más frío es mayor de 18°C; el porcentaje de lluvia invernal es superior a 10.2 mm; la oscilación térmica fluctúa entre 5°C y 7°C. La precipitación media anual es de 983 mm, con variedad espacial y de distribución. En este tipo de clima dominan las plantas megatermas que son muy sensibles al frío (García, 1983); por lo que probablemente es el clima el componente ambiental que más influye sobre la forma en que se distribuye la vegetación (Duch, 1991).

#### Geología

El estado de Yucatán, es una de las porciones territoriales más recientes de la plataforma peninsular; su formación se sitúa predominantemente en el Terciario y en menor medida en el Cuaternario. La zona de estudio se encuentra entre las formaciones geológicas no diferenciadas del Cuaternario y la formación Carrillo Puerto del Terciario Superior (Duch, 1988; 1991).

Presenta un substrato geológico poco variable en su composición química y mineral, en su origen y modo de formación, así como en los procesos generales de evolución a los que están sujetos. Su origen es sedimentario, típicamente marino, y constituido por carbonato de calcio y magnesio en forma mineral de calcita, dolomita y aragonita. Estos compuestos ocupan aproximadamente el 90% de peso del material; el resto lo forman diversos componentes como óxidos de fierro y aluminio, aluminosilicatos muy finos (arcillas y limos) y sílice.

El substrato geológico consiste de tres tipos: 1) Capa de calizas duras sobre la superficie del terreno, se le conoce como *roca laja* o *chaltún*. Esta capa es muy susceptible de ser fracturada. 2) Capa también calcárea de consistencia suelta y pulverulenta, llamada *sahcab* o *sascab*, subyace a la anterior y es permeable con

alta capacidad de retención de humedad. 3) A mayor profundidad se encuentra la capa conformada por estratos de calizas compactas con distintos grados de dureza (Duch, 1988; 1991).

### **Fisiografía y Topografía**

El territorio del Estado en general, presenta un relieve ondulado, poco elevado, que conforma una gran planicie. En el sur, se observan elevaciones mayores que corresponden a la Sierra de Ticul. Duch (1988) hace una clasificación de la fisiografía y les llama subprovincias, según las topoformas y formas de paisaje (atillos, montículos, hondonadas, colinas, etc.).

La zona de estudio se encuentra en la zona fisiográfica llamada "Llanuras rocosas onduladas con hondonadas incipientes". Comprende una amplia extensión de terrenos planos, que alternan con pequeños montículos rocosos (atillos) que varían entre 1 y 2 m de altura, lo cual le confiere a la zona una configuración general de planicie ligeramente ondulada. Tiene una extensión de 7037.98 Km<sup>2</sup>, que corresponde al 17.8% del territorio del estado. Hay presencia de cenotes cubiertos y a "cielo abierto" (Duch, 1991).

### **Hidrología**

Debido al carácter cárstico acentuado, y lo llano del relieve, no se han desarrollado corrientes superficiales, lo cual se compensa con los abundantes depósitos de agua subterránea, pues en toda la región se encuentra un gran número de cenotes. Estos se interconectan por un sistema subterráneo de canales cársticos (Duch, 1988).

La lluvia se infiltra verticalmente al acuífero a través de las fisuras de las calizas cársticas. Es por esto que la recarga natural proviene en su mayor parte de la precipitación directa y sólo en pequeña medida del flujo subterráneo lateral procedente del acuífero de lomeríos. Así, la única fuente de agua aprovechable para proyectos de riego la constituye esta agua subterránea, cuyos mantos freáticos en la Planicie, están aproximadamente a 4 ó 5 m cerca del litoral y a unos 25 ó 30 m cerca de la sierra de Ticul al sur del Estado. Esta agua se caracteriza por bajas concentraciones de iones y pertenece al tipo "bicarbonatada-cálcica", su calidad química expresada en cloruros y sulfatos es adecuada para todo propósito en la mayor parte (Duch, 1988). Sin embargo, la desventaja como agua de riego, se debe a la gran cantidad de calcio que contiene, ya que precipita los fosfatos del suelo al formar el fosfato cálcico.

### **Vegetación**

En la vegetación del estado de Yucatán son típicas las selvas baja caducifolia, baja caducifolia espinosa y mediana subcaducifolia, integradas por comunidades y asociaciones vegetales propias de rejolladas, cenotes, aguadas y cavernas (Miranda y Hernández X., 1963 citados por Flores y Espejel 1994).

En la zona de estudio, la vegetación es de selva baja caducifolia que limita con el manglar, duna costera, selva mediana subcaducifolia, sabana y/o con la selva caducifolia espinosa. Tiene una extensión de 19 839 km<sup>2</sup>. Se desarrolla en suelos planos, poco profundos muy pedregosos, con afloramientos de rocas calizas y lajas; bien drenados con poca retención de la humedad, de color oscuro o rojizo.

Casi todos los árboles pierden sus hojas durante la temporada de sequía, que coincide con la floración de muchas de sus especies; esta selva es una comunidad muy densa y los árboles alcanzan entre 8 y 12 m de altura; las copas forman un techo convexo o plano; un diámetro a la altura del pecho entre 10 y 30 cm. Los troncos, retorcidos y delgados, se ramifican a corta distancia del suelo o desde la base. Muchas especies presentan cortezas exfoliantes, fotosintéticas. Hay un estrato arbóreo con bejucos leñosos, también caducos, compuestos por especies de las familias: Bignoniaceae, Leguminosae y Combretaceae y entre éstas, los géneros: *Arrabidaea* y *Cydista*. También un estrato herbáceo que abunda en sitios abiertos (Miranda y Hernández X., 1963 citados por Flores y Espejel, 1994).

Las principales especies son: *Jatropha gaumeri*, *Metopium brownei*, *Alvaradoa amorphoides*, *Bursera simaruba*, *Maclura tinctoria*, *Bumelia retusa*, *Mimosa bahamensis*, *Bauhinia divaricata*, *Bauhinia unguilata*, *Caesalpinia gaumeri*, *Caesalpinia platyloba*, *Caesalpinia yucatanensis*, *Cassia alata*, *Cassia emarginata*, *Gymnopodium floribundum*, *Neomillspaughia emarginata*, *Guazuma ulmifolia*, *Pseudobombax ellipticum*, *Ceiba aesculifolia*, *Pluchea speciosa*, *Dyospyros cuneata*, *Hampea trilobata*, *Plumeria rubra*, *Plumeria obtusa*, *Girocarpus americanus*, *Cochlospermum vitifolium*, *Randia longiloba*, *Acacia pennatula*, *Pithecellobium albicans* y *Pithecellobium dulce*. Las epífitas son bromeliáceas, cactáceas y algunas orquídeas. Las herbáceas más comunes son: *Chamaecrista yucatanensis*, *Senna uniflora*, *Stylobium pruriens*, *Sida acuta*, *Lantana camara*, *Bromelia pinguin*, *B. caratas* y *Achmea bracteata*, la cual es epífita junto con *Tillandsia usneoides* y *Catsetum maculatum* (Flores y Espejel, 1994).

Esta vegetación contiene un alto porcentaje de leguminosas (hasta del 90%) tanto en número de especies como por la cantidad de individuos (Flores, 1986, citado por Flores y Espejel, 1994), muchas de las cuales son endémicas. Se encuentra muy perturbada ya que fué sustituida en un 80% por cultivos de henequén y convertida en fuente importante de combustible en forma de leña (Lundell, 1983; Miranda, 1987; Pennington y Sarukhán, 1968 citados por Flores y Espejel, 1994). Esta vegetación aparece siempre asociada con la agricultura milpera de tipo nómada, por el hecho de que las pequeñas parcelas cultivadas se entremezclan con las parcelas boscosas.

### Suelos

En el estado de Yucatán se presenta una gran diversidad edáfica en la que dominan los suelos someros y pedregosos. La FAO/UNESCO los identifica como

Leptosoles de los tipos litosol localmente llamados *Chaltún* y *Tsekel*, (que van del color negro o café muy oscuro al café) y del tipo de las rendzinas llamados *Chac-lu'm* o *Kankab* y que presentan colores rojizos o rojos (Duch, 1988; 1991).

En el caso de los suelos profundos que en general son arcillosos y duros cuando son secos y, pegajosos cuando son húmedos. Están libres de piedras tanto interna como superficialmente, se caracterizan por su drenaje excesivo, no obstante su textura arcillosa, lo cual se manifiesta en sus colores café rojizo y rojo que los distinguen. Estos suelos corresponden a los luvisoles o nitosoles y reciben el nombre maya de *Kankab* cuando el color del horizonte superficial es café rojizo, o de *Ek-lu'um* cuando el horizonte superficial es café oscuro. Estos suelos tienen mejores condiciones de aireación en su perfil, pero presentan el problema de excesivo drenaje y por lo tanto pérdida de la humedad (Duch, 1988; 1991).

En la zona de estudio se encuentran principalmente suelos someros y pedregosos que ocupan aproximadamente 1,662,700 ha (42.2%) del territorio del Estado; muestran abundante contenido de piedras de hasta 10 ó 15 cm de diámetro, en la superficie y en el interior de su delgado perfil, con afloramientos de la típica coraza calcárea; profundidad de 15 a 20 cm; textura franca o de migajón arcilloso en el estrato más superficial. En extensas áreas el suelo es tan escaso, que se acumula sólo en las grietas, entre las rocas; en otras áreas, no sobrepasa de 5 a 10 cm, ya que por debajo se encuentra una capa calcárea dura e impenetrable (Duch, 1988; 1991).

Peniche (1994) clasificó a los suelos de Yucatán por su capacidad de uso de la tierra y denominó a los suelos someros y pedregosos como "tierra no apta para la agricultura, con deficiencias extremas de suelo y topografía", ya que las plantas tienen limitaciones en el crecimiento radicular (debido a la profundidad restringida y excesiva pedregosidad y gravosidad) y a la topografía irregular.

Duch (1991) describe a esta zona fisiográfica como "zona de litosoles y rendzinas en donde la distribución de los suelos se encuentra en correspondencia con el patrón de asociación de topoformas, de modo que los litosoles y rendzinas de color café oscuro y negro dominan los altillos, mientras que las planadas se caracterizan por las rendzinas de color café rojizo y rojo, en asociación con los litosoles. La pedregosidad es mucho más abundante en los altillos que en las planadas. Desde el punto de vista de su utilización con fines agrícolas, esta zona fisiográfica se caracteriza por la predominancia de plantaciones henequeneras que paulatinamente han ido disminuyendo. A cambio, se han establecido numerosas unidades frutícolas principalmente de naranja dulce; producción de hortalizas con riego, así como la ganadería extensiva de bovinos aprovechando los agostaderos naturales o mediante el establecimiento de praderas cultivadas.

### **Uso de coberturas muertas o mantillos**

El uso de mantillos en los cultivos ha sido practicado desde las civilizaciones antiguas. Hay muchos estudios sobre sus efectos en los sistemas agrícolas, su magnitud depende de la cantidad, calidad y durabilidad del material, aunado a las condiciones climáticas ambientales y de las propiedades del suelo (Lal, 1977 citado por Lal, 1987; Lal *et al.*, 1980).

Los efectos de los mantillos pueden ser directos: como es modificar el microclima, ya que se protege al suelo de la radiación solar directa; la disminución de la erosión al interceptar la lluvia, y el aporte de nutrimentos a partir de la biomasa vegetal depositada. La modificación del microclima consiste en la capacidad amortiguadora o reguladora de las fluctuaciones diurnas de la temperatura del suelo, cuya diferencia con los controles, han llegado a ser de 5.4°C para tasas de aplicación de 12 ton/ha (Lal *et al.*, 1980) ; también aumentan la temperatura del suelo en las regiones frías o en épocas frías y la disminuyen en las regiones o épocas calientes; así también disminuyen la evaporación e irradiación del suelo. Estos efectos son de gran importancia agronómica, por ejemplo, cuando la temperatura del suelo rebasa los 30°C, en la etapa de germinación de los cultivos, puede haber reducciones considerables de la producción (Harrison-Murray y Lal, 1980, Lal, 1973; 1974 a, b; Minchin *et al.*, 1976 citados por Lal, 1987). Sin embargo, la producción agrícola también depende de otros factores como son la capacidad de retención de la humedad del suelo, duración del estrés por las altas o bajas temperaturas, del tipo o variedad del cultivo y del estado de desarrollo del mismo.

Jones y McCown (1983 citados por Lal, 1987), encontraron una disminución importante de la temperatura del suelo y un crecimiento significativo en la germinación de maíz y sorgo, por el uso de residuos en el suelo.

Mediante su efecto físico ofrecen cobertura y protección al suelo, lo que mejora las condiciones físicas, químicas y biológicas del suelo. El uso de mantillos restituye parte de la estructura y función que en los sistemas agrícolas se altera de manera importante. Hay una gran interacción entre estas propiedades, que a menudo dificultan su análisis por separado. Otro efecto positivo de la cobertura física, es el cambio en las condiciones de luminosidad, que hace que las arvenses sean menos competitivas ante los cultivos.

Sus efectos indirectos se manifiestan en las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo derivados de la modificación de la humedad del suelo, de los cambios en el régimen de temperatura y del aporte de biomasa.

Las propiedades físicas que se mejoran mediante los mantillos, son la textura y la estructura del suelo. El efecto en la estructura es a corto plazo, y se deriva de la disminución del impacto de la lluvia en el suelo, lo que evita la destrucción de los agregados, así, se mejoran notablemente las condiciones hídricas del mismo (porosidad total). Esto, junto con los cambios microclimáticos repercuten en

mejores microambientes para la fauna y raíces del suelo. De esta manera, se incrementa la actividad de los organismos, y se mejora la dinámica de la materia orgánica del suelo, ya que se estimula la descomposición cuando la macrofauna aumenta la superficie de exposición de los materiales orgánicos para el ataque de los microorganismos. Así mismo, la actividad de los invertebrados edafícolas mejoran la estructura del suelo.

Los efectos en la textura del suelo se manifiestan a largo plazo, después del uso recurrente por muchos años de los mantillos, ya que se evita o disminuye la escorrentía, la erosión y la eluviación de las arcillas, y como resultado se aumenta la media geométrica de la distribución del tamaño de las partículas. Lal *et al.* (1980) observó una relación positiva entre la media geométrica y el tamaño de los agregados y la cantidad de mantillo aplicada (de 2 a 12 t/ha)

Las propiedades químicas son a menudo afectadas por los mantillos y por la actividad biótica que responde a los cambios de la temperatura y humedad del suelo y a la disponibilidad de comida y energía administrada por el mantillo.

En suelos alcalinos la aplicación frecuente de mantillos tiende a bajar o a disminuir el pH del suelo. Las condiciones de aerobiosis como en los suelos someros de Yucatán, permiten que la actividad de los microorganismos aerobios predominen sobre los anaerobios, lo cual beneficia a estos suelos alcalinos.

Uno de los efectos más importantes es en el contenido de la materia orgánica del suelo, ya que de esta manera se aumenta la actividad de los microorganismos, la capacidad de intercambio de cationes, la liberación de nutrimentos, entre otros (Lal, 1973; Lal y Kang, 1982, citados por Lal, 1987; Lal *et al.*, 1980).

Los efectos en las propiedades biológicas del suelo, se derivan principalmente de la cantidad y calidad química de los mantillos, que favorecen la actividad y diversidad de los organismos. Los microorganismos (bacterias hongos y actinomicetes) y la fauna del suelo (lombrices, termitas, miriápodos, etc.), juegan un papel importante en la descomposición de la materia orgánica. Así también, la tasa de descomposición de los mantillos se incrementa cuando se aumenta la tasa de aplicación, debido al aumento de la cantidad y diversidad de las poblaciones (Lal *et al.*, 1980). Una intensa actividad biológica a partir de la aplicación de los mantillos tiene también importantes implicaciones en el mejoramiento de las propiedades físicas del suelo, así como en la liberación de nutrimentos para aprovechamiento de los cultivos. Al mejorarse la estructura del suelo los cultivos pueden desarrollar mejor la biomasa de raíces (tanto vertical como horizontalmente), lo que le permitirá un mejor aprovechamiento de los nutrimentos y del agua del suelo, así como de soportar mejor los estados de estrés fisiológico. La calidad del mantillo también influye en el control de las arvenses, ya que el mantillo libera compuestos alelopáticos (Contreras *et al.*, 1989; De la Cruz, s.f.; Kass y Araya, 1977; Obando, 1987; Rippin, 1991 citados por Caamal, 1995).



La respuesta del cultivo a los mantillos no se puede generalizar, porque depende del clima, del suelo y de la interacción del mantillo con el cultivo. La producción responde a diferentes cantidades de mantillos, regiones, a las propiedades de los suelos y al tipo de cultivos. Sin embargo, hay gran cantidad de literatura que reporta efectos positivos de los cultivos a la aplicación del mantillo (Lal, 1979, citado por Lal, 1987).

En Africa se reportaron respuestas positivas a la aplicación de mantillos (Jurion y Henry, 1969; Lal, 1975; Maurya y Lal, 1981, citados por Lal, 1987), al igual que en la India (Prihar *et al.*, 1979, citados por Lal, 1987) y en Sudamérica (Wade y Sanchez, 1983, citado por Lal, 1987). En la región del Amazonas del Brasil (Schöningh y Alkamper, 1984 citado por Lal, 1987) observaron que la producción de grano de maíz se correlacionó positivamente con la tasa de descomposición del mantillo la cual se corresponde con la baja relación C:N, mientras que con mantillos con alta relación C:N la descomposición fue más lenta y menor la producción de grano. Las respuestas negativas a la aplicación de mantillos de baja calidad, se debe a la competencia que se desarrolla entre el cultivo y los microorganismos, ya que éstos asimilan más rápido los nutrimentos.

Agronómicamente, las leguminosas por su alto contenido de nitrógeno son especies con gran potencial como mantillos por sus bajas relaciones C:N. Es decir, que se aporta biomasa de alta calidad, se mejora el microclima y se controlan arvenses mediante sus metabolitos secundarios y por el efecto físico del mantillo (Figura 2-1).

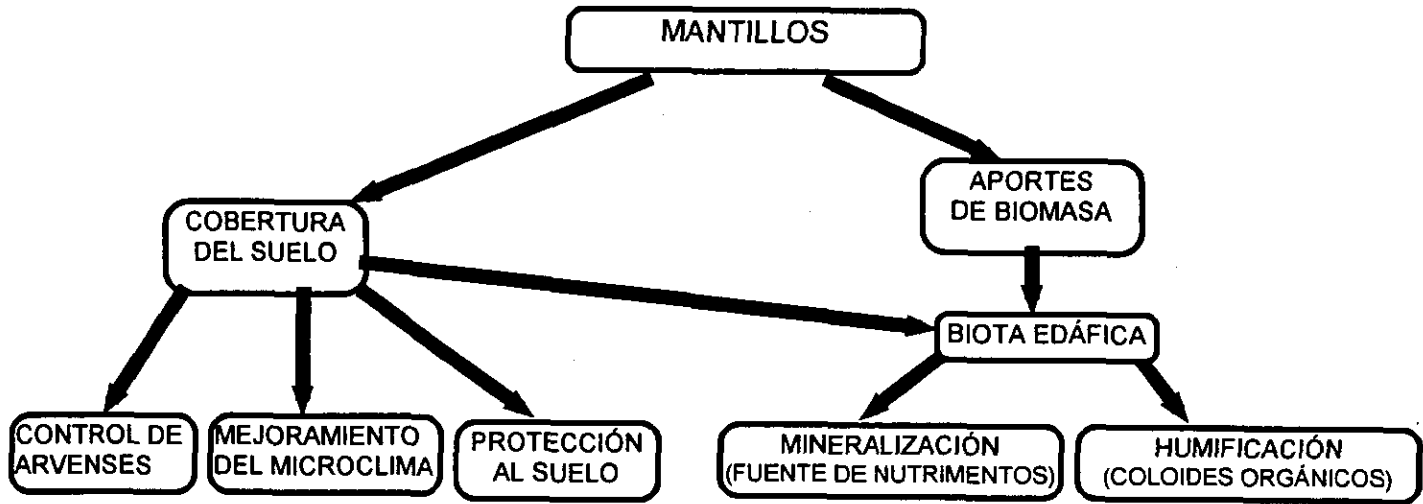


Figura 2-1. Efecto de los mantillos vegetales en la protección y calidad del suelo

## 2.2 Fundamentos Teóricos

### Suelo

El suelo es la parte más superficial poco compacta, de la litósfera y está constituido por una mezcla variable de partículas minerales, materia orgánica, aire, organismos vivos y una disolución acuosa; es el soporte material para el desarrollo de organismos vivos (las plantas obtienen soporte mecánico y muchos de sus nutrimentos). El agua y aire juntos representan aproximadamente el 50% del volumen del suelo; la fracción mineral, el 45%; la materia orgánica del 3 al 6%; los organismos menos del 1% (Alexander, 1980; Doménech, 1995).

El conjunto de horizontes (A, B, C, D y algunas veces también el horizonte O), que dan una idea de la estructura global de un suelo: el A es una zona superficial delgada o gruesa de restos orgánicos en descomposición, sujeto a una marcada lixiviación; contiene la mayor densidad de raíces, microorganismos, invertebrados, materia orgánica y materiales silíceos; hay una transferencia de materiales orgánicos sencillos hacia horizontes más profundos; el B, es un horizonte inferior que tiene poca materia orgánica, algunas raíces y escasos organismos; aquí se depositan óxidos de aluminio y hierro, también hay silicatos laminares y se acumulan compuestos lixivados procedentes del horizonte A; el C está a mayor profundidad, en él se depositan algunos constituyentes de las capas superiores, casi no hay lixiviación y el material parental está poco particulado; el D es un estrato de fondo, de composición semejante al del material original del cual se formó el suelo; el O, el más superficial, es el estrato de residuos orgánicos (Alexander, 1980; Doménech, 1995).

La porción inorgánica del suelo influye notablemente en la disponibilidad de nutrimentos, aereación y retención de agua. El material mineral se ha clasificado principalmente por tamaños: piedras y grava (> 2.0 mm de diámetro); arena (0.05 a 2.0 mm); limo (0.002 a 0.05 mm) y arcillas (< de 0.002 mm). Las arcillas que contienen principalmente sílice, oxígeno, aluminio (algunas veces), hierro, magnesio, potasio, calcio y sodio, exponen una mayor área superficial, que junto con sus propiedades químicas, determinan que su actividad reactiva en el suelo sea más importante que la de otras partículas más grandes. La cantidad y tipo de estos minerales determinan el tamaño de los poros, el total de espacio poroso y los agregados, que a su vez afectan el movimiento y retención de agua y en consecuencia la presencia y actividad de los organismos. Por ejemplo un suelo con adecuada cantidad de aire (con buen drenaje), favorecerá a la descomposición aeróbica de los organismos; en tanto que un suelo con inadecuada aeración (inundado) estimulará la descomposición anaeróbica. En suelos arcillosos (donde predominan los microporos), el oxígeno está limitado y la velocidad de muchas transformaciones microbianas se reducen, se eliminan o se

producen otras que pueden ser nocivas para el desarrollo de las plantas (Alexander, 1980).

La capacidad de intercambio de cationes es la propiedad de las arcillas y de los coloides orgánicos para extraer iones positivos de la solución del suelo y retenerlos. Este intercambio catiónico influye en las actividades de los microorganismos debido a su efecto sobre la disponibilidad de nutrientes y la acidez del suelo. Las características fisicoquímicas (humedad, temperatura, tipo de minerales, reacciones químicas, etc.) del suelo regulan la actividad de los organismos, por lo que la descomposición depende en gran parte de esos factores (Alexander, 1980).

### **La materia orgánica del suelo**

La materia orgánica del suelo (MOS), es una acumulación de residuos vegetales y animales muertos en descomposición, de materia orgánica resistente (humus). Estos residuos contienen aproximadamente 75% de agua y 25% de materia seca, la cual está compuesta principalmente de elementos de carbono, oxígeno e hidrógeno (que forman los compuestos de azúcares almidones, hemicelulosa, celulosa, lignina); de elementos de nitrógeno, azufre, fósforo, potasio, hierro, cobre, calcio magnesio, etc., que forman a las proteínas, grasas, aceites, metabolitos secundarios como polifenoles, etc. (Brady, 1994).

La MOS juega un papel muy importante en la determinación de la fertilidad del suelo, sirve como fuente de alimentos para los microorganismos, participa en diversos procesos químico-edáficos y afecta a las propiedades físicas del suelo. El 90% de la MOS corresponde a compuestos orgánicos recalcitrantes. La mayor contribución a la MOS son los residuos vegetales que va de 11 ton/ha y año en suelos tropicales, a 0.05 ton en suelos desérticos. De estas cantidades más del 60% procede de la raíces que proveen al suelo de aminoácidos, ácidos orgánicos, hidratos de carbono, etc., así como de material insoluble (Doménech, 1995).

El carbono es el punto focal de las transformaciones de energía y hace posible la continuidad de la vida en la tierra, es captado por las plantas a nivel foliar (como  $\text{CO}_2$  atmosférico) y es utilizado en el proceso fotosintético para producir nuevas moléculas que constituirán una nueva planta. El hombre y otros animales obtienen energía y biomasa de las plantas, depositando los desechos en el suelo. Los micro y macroorganismos digieren a esos compuestos, liberando nutrimentos para las plantas, y dejando al  $\text{CO}_2$  y al humus como productos relativamente estables. Los carbonatos y bicarbonatos de calcio, potasio, magnesio, etc., son removidos por lavado, pero eventualmente el carbono regresa al ciclo en la forma de  $\text{CO}_2$ . El total de  $\text{CO}_2$  es liberado a la atmósfera y es nuevamente disponible para asimilación de las plantas (Brady, 1994; Alexander, 1980).

El nitrógeno se encuentra en diferentes formas: moléculas de  $\text{N}_2$  como componente del aire con una cantidad de aproximadamente el 80%; en forma

orgánica, constituyendo la formación de tejidos y órganos vegetales y animales; en forma mineral, como compuestos simples que se caracterizan por su solubilidad, mayor o menor, según los distintos medios.

La totalidad de nitrógeno en el suelo está determinado por: los residuos orgánicos; el nitrógeno de origen atmosférico transformado por los organismos fijadores de nitrógeno como los *Rhizobium*; pequeñas porciones de amoníaco ( $\text{NH}_3$ ), aportados por la lluvia mediante fertilizantes químicos (Alexander, 1980).

El nitrógeno orgánico que ingresa al suelo mediante la descomposición, en una primera fase es transformado en amoníaco por bacterias amonificantes, que posteriormente es convertido en nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ), por las bacterias nitrificadoras del suelo.

La transformación de nitrógeno orgánico al nitrógeno disponible para las plantas depende de: la temperatura del suelo, humedad, calidad de la hojarasca, fauna del suelo, aeración y pH adecuados (un pH bajo induce a la desnitrificación o pérdida de nitratos liberándose nitrógeno en forma de gas a la atmósfera.

El nitrógeno en el suelo en sus formas solubles se pierde por las siguientes razones:

- a) por la utilización directa de las plantas que lo extraen de la solución del suelo
- b) por el consumo de los microorganismos que lo utilizan para sus funciones vitales
- c) por los procesos de desnitrificación causados por un pH bajo o por una mala aeración del suelo, perdiéndose el nitrógeno en forma de gas  $\text{N}_2$
- d) por pérdidas del elemento en su forma nítrica ( $\text{NO}_3^-$ ), por el drenaje
- e) por nitrógeno fijado a las partículas del suelo, ya que al no ser disponible para las plantas, el amonio  $\text{NH}_4^+$  es fijado considerablemente en los sitios de intercambio catiónico (arcilla y humus).

El nitrógeno fijado en las arcillas y humus y el utilizado por los microorganismos son pérdidas relativas, ya que potencialmente pueden ser recuperados cuando los microorganismos mueren, o porque hay suficiente nitrógeno en el suelo (Doménech, 1995).

### **El proceso de descomposición**

En el proceso de descomposición se lleva a cabo la degradación y transformación de residuos de animales y plantas, a través de dos mecanismos: 1) la mineralización, que es la degradación total de los residuos, dando como productos compuestos inorgánicos como sulfatos, fosfatos, amoníaco iones amonio libres, entre otros, y es realizada por los microorganismos y fauna del suelo; 2) la humificación, que es la transformación de la materia orgánica en humus de manera directa, sin pasar por la mineralización primaria. También se

forma humus a partir de la reorganización de compuestos inorgánicos y orgánicos (remanentes de la mineralización incompleta), y es realizada por las arcillas. Estos dos caminos de la descomposición evitan la acumulación de los restos orgánicos en el suelo y se incorporan nutrientes que elevan la fertilidad del suelo (Alexander, 1980).

En el trópico húmedo, la descomposición es más rápida y completa que en cualquier otra región climática. El tiempo máximo para la descomposición del recurso puede reducirse a unas cuantas semanas. En estas zonas, la calidad del recurso y los macroorganismos (*invertebrados edáficos* y raíces), pueden ser los más importantes reguladores de las tasas de descomposición debido a que las poblaciones (abundancia y diversidad) aumentan (Lepage, 1982 citado por Lavelle *et al.* 1993) siempre y cuando los cambios de temperatura no son abruptos y la humedad se mantenga.

Secuencia en orden de resistencia creciente a la descomposición (Brady, 1994; Begón *et al.*, 1988)



Carbohidratos solubles como azúcares y almidones  
 Proteínas, polipéptidos y ácidos nucleicos  
 Carbohidratos estructurales (hemicelulosa y celulosa )  
 Grasas, ceras y resinas  
 Ligninas  
 Suberinas  
 Cutinas

Existen otros compuestos como, ácidos orgánicos, taninos, alcaloides, hormonas, pigmentos, antibióticos, etc., de baja importancia cuantitativa en el proceso de descomposición (Doménech, 1995).

La descomposición se realiza en fases: en la primera parte de la fase I, la descomposición es anaerobia, realizada por bacterias y hongos (Phycomycetes y Fungi Imperfecti), aquí se descomponen los materiales solubles como azúcares, almidones y aminoácidos; en la segunda parte de la fase I, se descomponen los materiales lábiles, como proteínas. En la fase II se descomponen los compuestos recalcitrantes de manera aerobia y se lleva a cabo por hongos septados (Ascomycetes, Basidiomycetes y Actinomycetes), que son de crecimiento más lento, producen menos esporas, establecen un contacto más estrecho con el sustrato y presentan un metabolismo más especializado (Begón *et al.*, 1988).

La tasa de descomposición de la materia orgánica es una medida que indica la relación que hay en la pérdida de peso (en porcentaje), en un tiempo determinado. Babbar *et al.* (1989) dice que al cuantificarla se puede conocer la disponibilidad de nutrientes de los residuos vegetales que enriquecen continuamente al mantillo; puede ser una medida útil de comparación entre las

capacidades de diferentes ecosistemas, para recircular y acumular los nutrimentos. La comparación puede ayudar a determinar, cuáles son los factores más importantes que intervienen en la recirculación de nutrimentos y por consiguiente, cómo hacer más eficientes esos ecosistemas.

### Factores limitantes

La descomposición de la hojarasca está determinada por una serie de factores que operan a diferentes escalas de tiempo y espacio. Lavelle *et al.* (1993) propone un modelo jerárquico, en el que los factores que actúan a gran escala de espacio, contienen a los que intervienen a pequeña escala, es decir, los factores climáticos (temperatura y humedad) ayudan a determinar las características abióticas del suelo, y éste a su vez influye en el tipo y actividad de los *microorganismos e invertebrados del suelo*.

### La temperatura y la humedad

Existe un intervalo de temperatura adecuado para la descomposición (25 a 35°C) (Alexander y Scow, 1987), pues se favorece el crecimiento bacteriano, sin embargo, es necesario que la humedad también sea la adecuada, ya que regula la actividad de los organismos. Como ejemplos tenemos que en los recursos suculentos y en suelos humedecidos a capacidad de campo, la descomposición es más rápida que si estuvieran en condiciones de deshidratación o sequía. A estas temperaturas se favorece el crecimiento microbiano y la descomposición aumenta, de tal manera que la MOS decrece de 2 a 3 veces por cada 10°C de incremento en la temperatura media anual.

La condición térmica del suelo está determinada por su porosidad, humedad y contenido de materia orgánica. Para un contenido de humedad dada la conductividad térmica disminuye a medida que aumenta la porosidad. En el campo, los suelos de textura fina tienen ordinariamente mayor contenido de agua, lo cual aumenta la conductividad térmica del suelo; la materia orgánica no *transfiere el calor tan rápido como un suelo mineral*. El calentamiento y el enfriamiento de un suelo tienen lugar primordialmente a partir de la superficie y los cambios diurnos de temperatura no existen por debajo de los 50 cm.

Los principales procesos del suelo sobre los cuales influye la temperatura son: evaporación del agua, producción de materia orgánica, intemperización física de las rocas, intemperización química de los minerales de rocas primarias por hidrólisis, esterilización del suelo, volatilización de sales de amonio, destrucción *de residuos orgánicos por quemas y congelación del suelo*.

La absorción de la energía solar que llega al suelo depende del color, la orientación de la superficie con respecto a la radiación solar. El efecto de la

cubierta vegetal sobre la absorción varía con la densidad, la altura y el color de la vegetación y además de las estaciones del año.

La magnitud del cambio de temperatura en el suelo, depende no sólo de las características que afectan la radiación, sino también de las propiedades térmicas del suelo y la cantidad de turbulencia creada por el viento. Al elevarse la temperatura, los colores del suelo tienden a hacerse menos grises y más rojizos; las bases tienen una lixiviación más completa en las zonas cálidas; el contenido de nitrógeno y de materia orgánica disminuye al aumentar la temperatura y el contenido de arcilla aumenta.

La temperatura de la superficie del suelo responde más rápidamente que la del aire a los cambios del tiempo; varía de acuerdo con la profundidad y con el transcurso del día, pero nunca es igual a distintas profundidades a la misma hora; bajo la radiación solar y la irradiación nocturna, sufre una marcada variación diaria, mucho mayor que la registrada por la temperatura del aire (Vives, 1986).

#### Calidad del recurso

Swift *et al.* (1979) citados por Heal *et al.* (1997), desarrollaron el concepto de "calidad del recurso" a partir de la composición física y química de los materiales orgánicos, y que junto con el clima, suelo y organismos determinan la tasa de descomposición.

Los índices de la calidad del recurso, se manifiestan como las relaciones de cantidad y calidad, de los compuestos lábiles de rápida descomposición, respecto de los de lenta descomposición, por ejemplo, la relación carbono:nitrógeno (C:N), es un índice general de la calidad de una planta.

Las fibras (celulosa, hemicelulosa y lignina) son los componentes químicos de los materiales vegetales llamados recalcitrantes o de lenta descomposición. La determinación de estos parámetros nos permiten estimar las tasas de descomposición, y liberación de nutrimentos, así como la formación de la materia orgánica del suelo (Palm y Rowland, 1997).

Tian *et al.* (1992), menciona que valores de C/N por debajo de 40 son considerados de alta calidad; arriba de 40 y por debajo de 75 de calidad intermedia y por arriba de 75 se consideran de baja calidad. Sin embargo, dependiendo de los objetivos de estudio y del tipo de plantas, puede ser más importante conocer las relaciones N:Polifenoles y N:Lignina. En el primer caso, los polifenoles pueden estar inmovilizando al nitrógeno y en el segundo caso, la cantidad de lignina puede limitar la descomposición.

Las leguminosas en general son consideradas de alta calidad química, ya que tienen valores bajos de la relación C/N que significa que poseen altas concentraciones de nitrógeno respecto al carbono. Por ejemplo el caso de *Leucaena leucocephala*, (retomando el valor que reportan Tian *et al.* (1992), que



es de 12.8). Sin embargo, la relación C/N por sí sola no determina la calidad del recurso, más bien es la cantidad de ligninas y polifenoles lo que determina esa calidad. Por ejemplo se han reportado valores de relación C/N muy altos pero con bajos contenidos de lignina, y son considerados de alta calidad. Por otro lado, se han encontrado valores bajos de relación C/N pero con altos contenidos de ligninas, los cuales son considerados de baja calidad (Tian *et al.*, 1992).

La calidad del recurso también regula las relaciones mutualistas que se realizan entre los microorganismos y la fauna del suelo, ya que se desarrollan como una adaptación para la digestión de los componentes recalcitrantes y liberación de nutrimentos (Wardle y Lavelle, 1997).

Los organismos del suelo

La fauna del suelo, que participa en el proceso de descomposición, se ha agrupado en *descomponedores* y *detritívoros*. Los organismos descomponedores son bacterias y hongos como *Phycomycetes* y *Fungi Imperfecti* que participan en las primeras etapas de la descomposición; consumen principalmente azúcares y aminoácidos. Conforme avanza la descomposición, el proceso es más lento y participan hongos septados especializados como los *Ascomycetes*, *Basidiomycetes* y *Actinomycetes* que pueden degradar las celulosas y ligninas y proteínas más complejas. Los organismos detritívoros son consumidores generalistas que se alimentan del detritus y de las poblaciones de microorganismos asociados a él. Una gran diversidad de invertebrados edafícolas representan a este grupo, y se les ha clasificado de acuerdo a su tamaño como micro, meso, macro y megafauna: la microfauna (diámetro corporal menor de 100  $\mu\text{m}$ ) comprende protozoos, gusanos nemátodos y rotíferos; la mesofauna (diámetro corporal entre 100  $\mu\text{m}$  y 2 mm), comprende a los *Acari* (ácaros del mantillo), *Collembola* y *Enchytraeidae*; la macrofauna (diámetro corporal entre 2 y 20 mm) y megafauna (> de 20 mm) que comprenden *Isópoda*; *Diplópoda*; larvas de moscas (*Diptera*) y algunos escarabajos (*Coleóptera*); *Oligoqueta*, que son las lombrices de tierra y *Mollusca* que comprenden a los caracoles y babosas.

La temperatura determina la predominancia de los distintos grupos edafícolas en un gradiente latitudinal: la microfauna prevalece en zonas boreales; la mesofauna en los climas templados; la macro y megafauna en los climas tropicales. A nivel del suelo, la fauna se distribuye a lo largo del perfil; de acuerdo a sus hábitos alimenticios se les nombra epigeos a los que habitan sobre la superficie del suelo; endogéicos a los que se encuentran por debajo de la superficie; anésicos a los que se mueven desde la superficie y por debajo de ella.

En la fauna epigea sobresalen los miriápodos, isópodos, caracoles y lombrices pigmentadas, que desmenuzan y disminuyen el tamaño de la hojarasca. En la endogeica se encuentran principalmente lombrices no pigmentadas y termitas comedoras de humus, que se alimentan de materia orgánica y raíces muertas. En la anésica se encuentran lombrices y termitas que trasladan la hojarasca de la

superficie hacia otros horizontes más profundos; mejoran las características hidráulicas y estructura del suelo (Anderson e Ingram, 1993).

Wardle y Lavelle (1997) mencionan que la interacción entre los descomponedores y los diferentes tipos de detritívoros es lo que regula la descomposición y se presentan a tres niveles: 1) tramas alimentarias entre microorganismos y microfauna; 2) transformaciones de hojarasca (a material fragmentado y materia fecal), por la mesofauna y algunos de macrofauna; 3) la macrofauna que son los organismos que interactúan con los microorganismos mediante relaciones mutualistas como rumen externo e interno, y que además, mejoran la estructura del suelo. El papel fundamental de estos organismos es el reciclaje de los nutrientes (Begon *et al.*, 1988; Lal, 1987; Storck y Eggleton, 1992).

#### El mecanismo de la mineralización

La mineralización de la materia orgánica es la conversión relativamente rápida de los residuos orgánicos a compuestos minerales (forma inorgánica) de formas más simples como son:  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{SO}_3^{2-}$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{HPO}_4^{2-}$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{O}_2$ ,  $\text{H}^+$ ,  $\text{OH}^-$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ , etc.

La temperatura, la cantidad de aire y humedad en el suelo, y el tipo de residuos, son factores limitantes en este proceso, ya que la actividad microbiana es mayor en verano que en invierno y mayor en los trópicos que en las zonas frías; el aire en la atmósfera del suelo favorece la actividad de los microorganismos aerobios, por lo que la mineralización es más rápida; por el contrario, la humedad excesiva limita la actividad de los aerobios y favorece la de los anaerobios. La calidad de los residuos favorece o limita la mineralización, de tal forma que aquéllos de baja calidad (valor alto C:N) retardan dicho proceso. Entonces, en los suelos tropicales la mineralización se favorece (Rodríguez, 1982)

#### El mecanismo de la humificación

La humificación es un proceso producido por mecanismos biológicos y/o químicos, en el que se presenta una conversión de los residuos orgánicos a sustancias húmicas (Tate, 1992). Estas sustancias componen al humus y son compuestos poliméricos y coloidales (de algunas decenas a 10 000 amstrongs, de coloración amarilla a marrón negruzca, tienen altos pesos moleculares, son amorfos, presentan núcleos aromáticos y cadenas alifáticas y son resistentes a la descomposición (Chen *et al.*, 1977). En los suelos agrícolas, aproximadamente el 30% de las aportaciones orgánicas se transforma en humus, que se incorpora a la estructura del suelo. Una menor temperatura y aeración así como un aumento en la humedad del suelo, favorecen el proceso de humificación, como sucede en suelos de clima templado o frío (Rodríguez, 1982).

El humus almacena varios elementos esenciales, estimula la estructura adecuada del suelo, es una fuente con capacidad de intercambio de cationes y regula los cambios de pH; propicia también las relaciones convenientes entre el aire y el agua en los suelos y es un enorme depósito geoquímico de carbono. Le confiere una coloración oscura al suelo lo cual amortigua los cambios de temperatura; mejora la plasticidad y disponibilidad de agua, así como la formación de agregados (Hassink *et al.*, 1993). En cuanto a las propiedades químicas, aumenta la capacidad de intercambio de cationes en los suelos que no son muy ácidos; aumenta el poder amortiguador del suelo; al formar quelatos puede elevar la disponibilidad de micronutrientes; afecta la bioactividad y biodegradación de los plaguicidas u otros contaminantes de tipo orgánico; disminuye la toxicidad por aluminio y manganeso (Horth *et al.*, 1988; Oades *et al.*, 1989; Sánchez *et al.*, 1989). En cuanto a las propiedades biológicas, funcionan como fuente de nutrientes y energía que pueden ser asimilables por los microorganismos y las plantas (Lavelle *et al.*, 1993).

### 3. Materiales y métodos

#### 3.1 Descripción de la parcela experimental y estrategia de estudio

La parcela experimental se encuentra en la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, de la Universidad Autónoma de Yucatán. El tamaño es de 1696 m<sup>2</sup>. Esta zona correspondió a una vegetación secundaria proveniente de selva baja caducifolia. En 1993 se iniciaron investigaciones sobre el efecto de abonos verdes (coberturas vivas intercaladas con el maíz y coberturas muertas o mantillos de leguminosas) en el control de las malezas de la milpa y para fertilizar el suelo. El terreno se preparó con el sistema de roza-tumba-quema. El diseño experimental fue de bloques al azar, con tres repeticiones. Cada bloque constó de nueve unidades de 5 X 10 m. Cada unidad fue dividida en dos partes iguales (diseño en parcelas divididas). De esta forma se obtuvieron 18 unidades experimentales por cada bloque, haciendo un total de 54 en los tres bloques. La parcela útil fue de 9 m<sup>2</sup> (Figura 3-1).

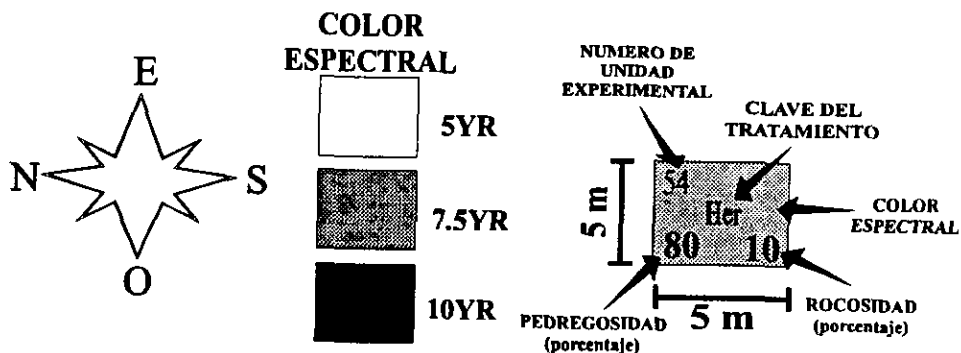
Se emplearon siete tratamientos: 1) siembra de maíz con mantillo de *Leucaena leucocephala* (12 ton/ha en peso fresco); 2) maíz con mantillo de *Lysiloma latisiliquum* (12 ton/ha en peso fresco); 3) maíz con *Mucuna deerengianum* intercalada como cobertura viva; 4) maíz con *Canavalia ensiformis* intercalada como cobertura viva; 5) maíz al que se le aplicó gramoxone (paraquat) como herbicida (0.60 kg i.a./ha); 6) maíz al que se le realizó deshierbe manual; 7) testigo en el que no se sembró maíz, ni se realizó deshierbe manual. El maíz cultivado fue del tipo criollo (los dos primeros años), con duración de crecimiento de cuatro meses. Los residuos tanto del maíz como de las leguminosas vivas y de las arvenses, se dejaron dentro de las unidades experimentales (Caamal, 1995).

Para los objetivos de este estudio las unidades experimentales fueron las que contenían a los mantillos de *Leucaena leucocephala* y *Lysiloma latisiliquum*, en lo referente a la determinación de las tasas de descomposición y la caracterización química de la hojarasca de los mantillos; además para la evaluación del efecto de estos mantillos en la fauna, se consideraron también los mantillos como unidades experimentales, y como testigos los tratamientos en donde se aplicó herbicida deshierbe manual, por considerarse que ambos tienen efectos contrastantes (Figura 3-1).

#### 3.2 Descomposición

En el ciclo de cultivo del maíz del año de 1995, se aplicaron los mantillos *Leucaena leucocephala* y de *Lysiloma latisiliquum* (30 kg de material fresco en cada lote experimental de 25 m<sup>2</sup> equivalentes a 12 t/ha). En peso seco equivale a 3.6 t/ha *Leucaena leucocephala* y 5.8 t/ha de *Lysiloma latisiliquum*.

1 Her 40 10	3 Can 25 15	5 Leu 30 20	7 Leu 60 10	9 Muc 70 20	11 DM 60 10	13 Can 30 10	15 Lys 40 10	17 Her 60 10
2 Her 20 10	4 Muc 15 10	6 Leu 30 5	8 Lys 35 50		12 SD 70 10	14 Can 20 10	16 Lys 50 10	18 DM 70 15
19 Leu 40 5	21 Muc 10 10	23 Muc 10 10	25 Her 10 30			31 Her 20 10	33 DM 70 10	35 Lys 70 10
20 Leu 50 5	22 Can 10 5	24 Muc 10 10	26 Her 10 10	28 Lys 10 50		32 DM 15 10	34 SD 80 10	36 Lys 70 10
37 Lys 60 5	39 Muc 40 10	41 Can 10 10	43 Her 20 25				51 Lys 60 10	53 Her 80 10
38 Lys 50 5	40 Can 10 5	42 Can 10 10	44 DM 70 50		48 Muc 40 30		52 Leu 60 10	54 Her 80 10



**CLAVE DE TRATAMIENTOS**

- Lys= *Lysiloma latisiliquum*
- Leu= *Leucaena leucocephala*
- Can= *Canavalia ensiformis*
- Muc= *Mucuna deerengianum*
- Her= Con herbicida
- SD= Sin deshierbe (testigo)
- DM= Con deshierbe manual

Figura 3-1. Mapa de localización de los tratamientos en la parcela experimental de la FMVZ, UADY.

Para medir la descomposición se usaron bolsas de malla de polivinilo de 25 cm de largo por 15 cm de ancho, con abertura de la malla en forma de cuadros de 1.5 mm de lado. La técnica que recomiendan Anderson e Ingram (1993), propone elaborar bolsas con malla entre 2 y 7 mm; sin embargo, se decidió usar este tamaño, ya que los foliolos de estas plantas son muy pequeños, evitándose así, la posible pérdida de material.

En la bolsas de descomposición se colocaron 30 g de material fresco (conteniendo hojas y ramas) del que se aplicó en la parcela. Se hicieron siete repeticiones por cada unidad experimental de los mantillos de *Lysiloma latisiliquum* y *Leucaena leucocephala*. Los mantillos y las bolsas de descomposición se colocaron el día de la siembra del maíz; las bolsas se distribuyeron en forma de " W " en la superficie del suelo, intercaladas entre el mantillo; se decidió no enterrarlas, ya que existen sitios en donde la cantidad de rocas y piedras predominan sobre la cantidad de suelo.

Los pesos iniciales ( $P_i$ ) del material seco de *Leucaena leucocephala* y *Lysiloma latisiliquum* fueron de 15 y 17 g respectivamente.

Se fueron retirando las bolsas de cada unidad experimental de una en una a diferentes tiempos: 8, 20, 48, 65, 121, 175 y 314 días después de su colocación. Las muestras se secaron en horno a 80°C hasta obtener un peso constante; la cantidad obtenida se registró como peso remanente ( $P_r$ ).

El conjunto de datos de cada una de las unidades experimentales se ajustaron al modelo exponencial:

$$P_r / P_i = e^{-kt}$$

Donde,

$P_r$  = peso seco del material remanente

$P_i$  = peso seco inicial del material

$e$  = constante exponencial  $\cong 2.718$

$k$  = tasa constante de descomposición

$t$  = tiempo (en años)<sup>2</sup>.

Los datos correspondientes a *Leucaena leucocephala* se adecuaron a dos fases. La curva correspondiente a la fase I ajustó a los primeros dos datos remanentes; en tanto que en la fase II se adecuaron los últimos cinco datos. se obtuvo la constante  $k$  de descomposición y la  $r^2$  correspondientes a cada unidad experimental de ambas fases.

Posteriormente se agruparon los datos por color de suelo, y también se les calculó la constante  $k$  de descomposición y su coeficiente de correlación ( $r^2$ ) correspondientes a cada fase.

Respecto a los datos de *Lysiloma latisiliquum* los primeros cinco datos se ajustaron a una sola fase. También se obtuvo la constante k de descomposición, por unidad experimental y por tipo de suelo.

En ambos tratamientos se graficaron, por tipo de suelo los porcentajes de peso remanente en relación al tiempo.

Para los resultados de la descomposición del mantillo de *Leucaena leucocephala*, se realizaron análisis de varianza (ANDEVA) con un nivel de confianza del 95% agrupando los datos por color de suelo.

### **3.2 Calidad química de los mantillos**

#### **Colecta, preparación y análisis del material vegetal**

Para determinar la calidad de la hojarasca de *Leucaena leucocephala* y *Lysiloma latisiliquum*, se tomaron 30 g de una mezcla de ramas y hojas de cada uno de los mantillos con cero días de descomposición; se separaron las hojas de las ramas y se secaron en una estufa a 35-40°C. Se molieron y, se tamizaron con una malla del número 60 (<0.25 mm).

Para este estudio se consideró que, es más importante evaluar la calidad de la hojarasca a partir de las relaciones lignina/nitrógeno; polifenoles/nitrógeno y polifenoles + lignina/N, debido a que las leguminosas contienen en general altos contenidos de polifenoles, por lo que fue necesario hacer los siguientes análisis por duplicado: de nitrógeno (método del Kjeldhal), carbono orgánico (Walkey y Black con oxidación en condiciones de humedad y calor); lignina, hemicelulosa y celulosa (Van Soest y Wine, 1963) y polifenoles (King y Heath, 1967 método de Folin-Denis), recomendados por Anderson e Ingram (1993).

#### **Colecta, preparación y análisis del material vegetal remanente**

Para determinar la calidad de la hojarasca del remanente de los mantillos de *Leucaena leucocephala* y *Lysiloma latisiliquum*, se escogieron al azar 4 de las 9 bolsas de descomposición, por cada vez que se midió la cantidad remanente. Se secaron en estufa a 60-80 °C; y se molieron y, se tamizaron con una malla del número 60 (<0.25 mm).

Se realizaron por duplicado los análisis de nitrógeno (método del Kjeldhal); carbono orgánico (Walkey y Black con oxidación en condiciones de humedad y calor).

### 3.4 Fauna del suelo

Se muestrearon los tratamientos de mantillos de *Leucaena leucocephala* y *Lysiloma latisiliquum* y, como unidades testigo, a los tratamientos "herbicida" y "deshierbe manual"

Se realizaron tres muestreos de caracoles y lombrices, por el método de conteo directo, (en 18 cuadrantes al azar de 0.25 m<sup>2</sup>, en cada uno de los mantillos; en los testigos, "herbicida" y "deshierbe manual", fueron 12 cuadrantes cada uno). El primer muestreo fue del 26 de agosto al 1 de septiembre de 1995; el segundo, del 12 al 20 de octubre de 1995; y el tercero, del 30 de noviembre al 1 de diciembre de 1995. Los muestreos se realizaron por la mañana, entre las 7 y 10 horas.

En los lugares con suelo profundo, se removió la tierra con un cuchillo o espátula hasta los 15 cm de profundidad; en parcelas con mucha pedregosidad y rocosidad, la profundidad a la que se colectaron fue menor, o sólo a nivel de la superficie. Los caracoles y lombrices se colectaron con las manos y se depositaron en recipientes etiquetados, incorporando datos del suelo, como color, cantidad de rocas, piedras y profundidad. En el laboratorio, los organismos se lavaron, quitándoles el suelo y hojarasca.

Las lombrices se colocaron en recipientes con aproximadamente 50 ml de agua, y se anestesiaron con alcohol al 10% (poniendo dos o tres gotas cada 5 minutos), hasta que quedaron inmobilizadas; posteriormente, se contaron para obtener los datos de densidad, y se fijaron en formol al 10%. Es muy importante relajarlas o anestesiadas hasta que no perciban los estímulos de la aguja de disección. Si no se relajan completamente, cuando se les agrega el formol reaccionan y su cuerpo puede explotar, dañándose estructuras que son indispensables para la determinación de los grupos taxonómicos. Finalmente, se pesaron para obtener los datos de biomasa. A todas las muestras se les incorporó información de: localidad, fecha, hora, datos ambientales y nombre del colector. Los ejemplares fueron concentrados en el laboratorio de Edafología del departamento de Manejo y Conservación de Recursos Naturales Tropicales, FMVZ de la UADY (Xmatkuil, Mérida, Yucatán), para subsiguientes estudios taxonómicos.

Los caracoles se separaron y se etiquetaron como "caracoles vivos", a los que contenían organismo en la concha y como "caracoles muertos" a las conchas vacías. Se contaron para obtener los datos de la densidad y para determinar la biomasa, se secaron a 80-90°C, durante 48 horas.

Para la conservación de los caracoles, se relajaron en un extracto de tabaco, (que se prepara agregando una pizca de tabaco, a 500 ml de agua hervida y a temperatura ambiental); después, se establecieron en un lugar fresco (< 25°C) no en refrigerador), manteniéndolos así durante 8-10 horas, posteriormente se colocan en el refrigerador hasta que ya no reaccionan al estimulárseles el pié con una aguja de disección, en menos de 24 horas o más. Es muy importante no



moverlos, porque hay especies muy sensibles que, cuando se están relajando, si perciben algún estímulo, vuelven a meterse a la concha imposibilitando su observación (Naranjo 1997, comentario personal). También se pueden relajar con Cloruro de Magnesio a concentraciones entre 4-8% y después de dos días, se colocan en alcohol al 70% (Castillejo 1997, comentario personal).

Todas las muestras se etiquetaron con la siguiente información: localidad, fecha, hora, datos ambientales y nombre del colector. Los ejemplares fueron guardados en el laboratorio de la FMVZ de la UADY y en el Laboratorio de Malacología del Instituto de Biología de la UNAM, México, D.F., para subsiguientes estudios

### **Análisis estadístico**

Los datos de la densidad y biomasa se "normalizaron" por la transformación a  $\text{Log}_{10} + 1$  y fueron sujetos al análisis de varianza de dos vías (ANDEVA), con un nivel de confiabilidad del 95%, en donde las variables de respuesta fueron la densidad y la biomasa; las variables independientes o efectos principales, fueron los tratamientos: (*Lysiloma latisiliquum* y *Leucaena leucocephala*) y los testigos deshierbe manual y herbicida. Además, se incorporaron como covariables las características del suelo, como: pedregosidad, rocosidad; y el color, ya que estas manifiestan la heterogeneidad del suelo (Delgado *et al.*, 1996). Estas características definen propiedades del suelo (pH, porcentaje de materia orgánica, profundidad, etc.), que son muy diferentes entre una unidad experimental y otra (Bautista, en preparación).

La transformación de los datos con  $\text{Log}_{10} + 1$  fue con la finalidad de considerar a los datos que se ajustan a la curva normal; es decir descartar a los datos "atípicos" o "raros".

## 4. Resultados

### 4.1 Descomposición

#### Calidad de los mantillos

Los mantillos de *Leucaena leucocephala* y *Lysiloma latisiliquum*, en general, son químicamente diferentes en la mayoría de los parámetros analizados, con excepción en el contenido de celulosa y hemicelulosa en las hojas, en donde son muy parecidos.

El porcentaje de nitrógeno en peso seco de la hojarasca de *Leucaena leucocephala* es mayor en ramas y hojas en comparación con la hojarasca de *Lysiloma latisiliquum*. Mientras que los contenidos de lignina y polifenoles totales, en hojas y ramas, son aproximadamente el doble en *Lysiloma latisiliquum*.

Los porcentajes de fibras (celulosa más hemicelulosa más lignina) tanto en ramas como en hojas, son menores en *Leucaena leucocephala*, a excepción del contenido de celulosa en ramas que es mayor. El contenido de humedad es mayor un 8% en *Leucaena leucocephala* que en *Lysiloma latisiliquum*.

Los contenidos de N y polifenoles totales son mayores en las hojas que en las ramas en ambas plantas. Los contenidos de lignina, celulosa y hemicelulosa son mayores en las ramas que en las hojas de ambos mantillos (Cuadro 4-1).

Cuadro 4-1. Contenido de elementos y compuestos químicos en hojas y ramas de las dos especies de leguminosas

Parámetros	<i>Leucaena leucocephala</i>	<i>Lysiloma latisiliquum</i>
N en hojas (%)	3.96	3.45
N en ramas (%)	2.25	1.14
Lignina hojas (%)	5.86	11.98
Lignina ramas (%)	13.54	25.77
Celulosa hojas (%)	13.08	13.28
Celulosa ramas (%)	33.6	26.87
Hemicelulosa hojas (%)	9.4	9.78
Hemicelulosa ramas (%)	13.22	12.15
Polifenoles hojas (%)	4.3	9.45
Polifenoles ramas (%)	3.07	6.1
Agua + Compuestos solubles (%)	64	56
Proporción de hojas (%)	72.5	75
Proporción de Ramas (%)	27.5	25

La tasa lignina/N en *Lysiloma latisiliquum* es el doble en hojas y cuatro veces mayor en ramas que el de *Leucaena leucocephala*. Los valores de las tasas celulosa/N y hemicelulosa/N no son muy diferentes en las hojas de las dos plantas; sin embargo, en las ramas de *Lysiloma latisiliquum* son el doble. La tasa polifenoles/N es mayor en *Lysiloma latisiliquum*, tanto en ramas como en hojas (Cuadro 4-2).

Cuadro 4-2. Relaciones entre los compuestos recalcitrantes y el nitrógeno en hojas y ramas de las dos especies de leguminosas

Relaciones	<i>Leucaena leucocephala</i>	<i>Lysiloma latisiliquum</i>
Lignina/N en hojas	1.48	3.47
Lignina/N en ramas	6.02	22.61
Celulosa/N en hojas	3.30	3.85
Celulosa/N en ramas	14.93	23.57
Hemicelulosa/N en hojas	2.37	2.84
Hemicelulosa/N en ramas	5.88	10.66
Polifenoles/N en hojas	1.09	2.74
Polifenoles/N en ramas	1.36	5.35

El Cuadro 4-3 muestra los porcentajes de los diferentes componentes químicos, a partir de las cantidades relativas en peso seco de las hojas y ramas. Se observa que la cantidad de nitrógeno es mayor en *Leucaena leucocephala* que en *Lysiloma latisiliquum*. Mientras que *Lysiloma latisiliquum* contiene mayores contenidos de compuestos recalcitrantes y polifenólicos.

Cuadro 4-3 Contenido de elementos y compuestos químicos de la hojarasca de leguminosas considerando ramas y hojas juntas

Parámetros	<i>Leucaena leucocephala</i>	<i>Lysiloma latisiliquum</i>
C (%)	44.25	44.53
N (%)	3.49	2.86
Lignina (%)	7.97	15.42
Celulosa (%)	18.72	16.67
Hemicelulosa (%)	10.45	10.37
Polifenoles (%)	3.95	8.61

Las tasas polifenoles/N y lignina/N son otra forma de mostrar las diferencias entre la calidad de los mantillos. Se observa que el valor de la relación lignina/nitrógeno es menor en *Leucaena leucocephala* que en *Lysiloma latisiliquum*; de la misma forma, la relación polifenoles más lignina/N marca más las diferencias (Cuadro 4-4).

Cuadro 4-4. Valores de las relaciones entre los compuestos recalcitrantes y el nitrógeno de la hojarasca de leguminosas considerando ramas y hojas juntas

Relaciones	<i>Leucaena leucocephala</i>	<i>Lysiloma latisiliquum</i>
C/N	12.68	15.56
Lignina/N	2.28	5.39
Celulosa/N	5.36	5.82
Hemicelulosa/N	2.99	3.62
Polifenoles/N	1.13	3.01
Polifenoles + lig/N	3.41	8.4

En el cuadro 4-5 se muestra la cantidad total de nitrógeno, carbono, lignina y polifenoles que se depositaron al suelo considerando el total de hojarasca en peso seco. Se observa que hay una mayor cantidad de nitrógeno depositado con el mantillo de *Lysiloma latisiliquum*; sin embargo, también se observan mayores cantidades de lignina y polifenoles, aproximadamente tres veces más que en *Leucaena leucocephala*.

Cuadro 4-5 Total de compuestos y elementos depositados al suelo por los mantillos

	<i>Leucaena leucocephala</i> peso seco = (3.6 t/ha)	<i>Lysiloma latisiliquum</i> peso seco =(5.8 t/ha)
N (kg)	126	166
Lignina (kg)	287	895
Polifenoles kg	142	499

### Pérdida de peso

El proceso de descomposición de los mantillos de *Leucaena leucocephala* y *Lysiloma latisiliquum* se ajustaron al modelo simple de descomposición exponencial negativa.

El proceso de descomposición del mantillo de *Leucaena leucocephala* presentó dos fases: en la fase I, a los 20 días, la pérdida de peso de los materiales fue muy rápida, entre el 60% y 80% en tanto que en la fase II, después de los 20 días, fue

más lenta la descomposición. La figura 4-1 muestra las dos curvas obtenidas en *Leucaena leucocephala*, y que se describen bajo el mismo modelo, pero con distintos valores de  $k$  y  $r^2$  (Cuadro 4-6).

También se encontró que el mantillo de *Leucaena leucocephala* colocado en suelos de color negro, tienen una  $k$  de descomposición igual a  $-27$  en la primera fase, y  $-0.7$  en la segunda. En los mantillos colocados en suelos de color rojo, se calculó una  $k$  igual a  $-22.5$  en la primera fase, y  $-1.1$  en la segunda fase. En suelos color café se calculó una  $k = -22.8$  en la primera fase, y  $-1.3$  en la segunda fase (Cuadro 4-6).

La diferencia de la  $k$  calculada para el mantillo colocado en el suelo negro es estadísticamente significativa ( $p < 0.05$ ) respecto a los mantillos colocados en los suelos cafés y rojos (Cuadro 4-6).

El mantillo de *Lysiloma latisiliquum* se descompone de manera más lenta que el de *Leucaena leucocephala*: se presenta una sola fase con una  $k$  igual a  $-1.7$  en mantillos que se colocaron en suelos color café y de  $-1.3$  para mantillos que se colocaron sobre suelo rojo (Cuadro 4-2; Figura 4-1).

Como se dispuso de solamente una unidad experimental con mantillo en suelo rojo, no se realizó el análisis de varianza; sin embargo, la Figura 4.2. indica que el proceso de descomposición es más rápida en el suelo café que en el rojo.

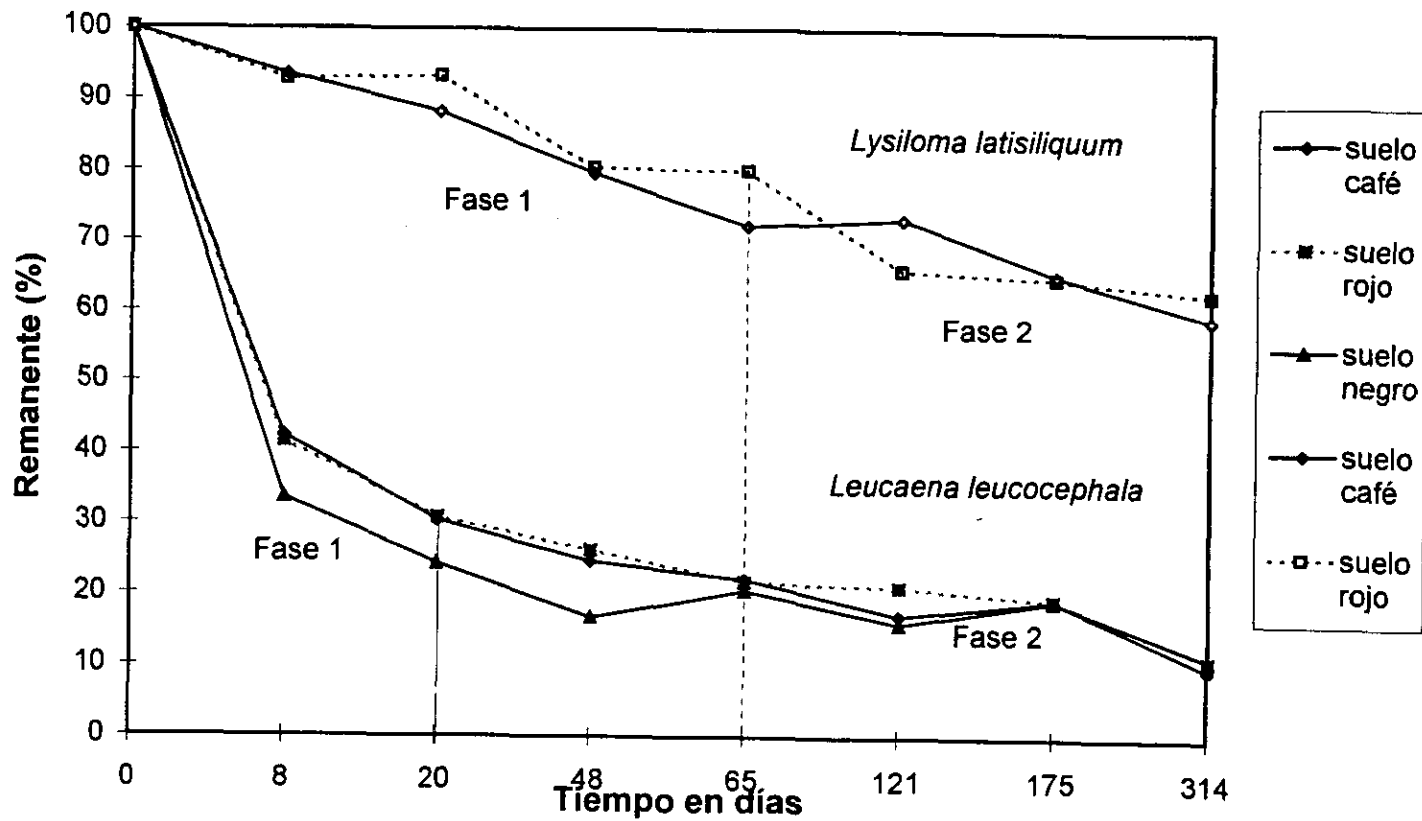
La vida media de ambos mantillos es muy diferente, mientras que en *Leucaena leucocephala* es de 10.5 días, en *Lysiloma latisiliquum* es de 171 días (Cuadro 4-6).

Cuadro 4-6. Ecuaciones de la descomposición de los mantillos

<i>Leucaena leucocephala</i>	Ecuación de la fase I ( $Pr = P_i e^{kt}$ )	$r^2$	Ecuaciones de la fase II	$r^2$
Suelo rojo (n = 2)	$y = 0.85 e^{-22.5t}$ (b)	0.85	$y = 0.29 e^{-1.1t}$	0.94
Suelo café (n = 4)	$y = 0.86 e^{-22.8t}$ (b)	0.87	$y = 0.28 e^{-1.3t}$	0.91
Suelo negro (n = 3)	$y = 0.81 e^{-27t}$ (a)	0.83	$y = 0.21 e^{-0.7t}$	0.64
	$T_{50} = 10.5$ días			
<i>Lysiloma latisiliquum</i>				
Suelo café (n = 8)	$y = 0.98 e^{-1.7t}$	0.99		
Suelo rojo (n = 1)	$y = 0.98 e^{-1.3t}$	0.92		
	$T_{50} = 171$ días			

Datos con letras distintas representan diferencias significativas ( $p < 0.05$ )

Figura 4-1. Pérdida de peso de los mantillos de leguminosas



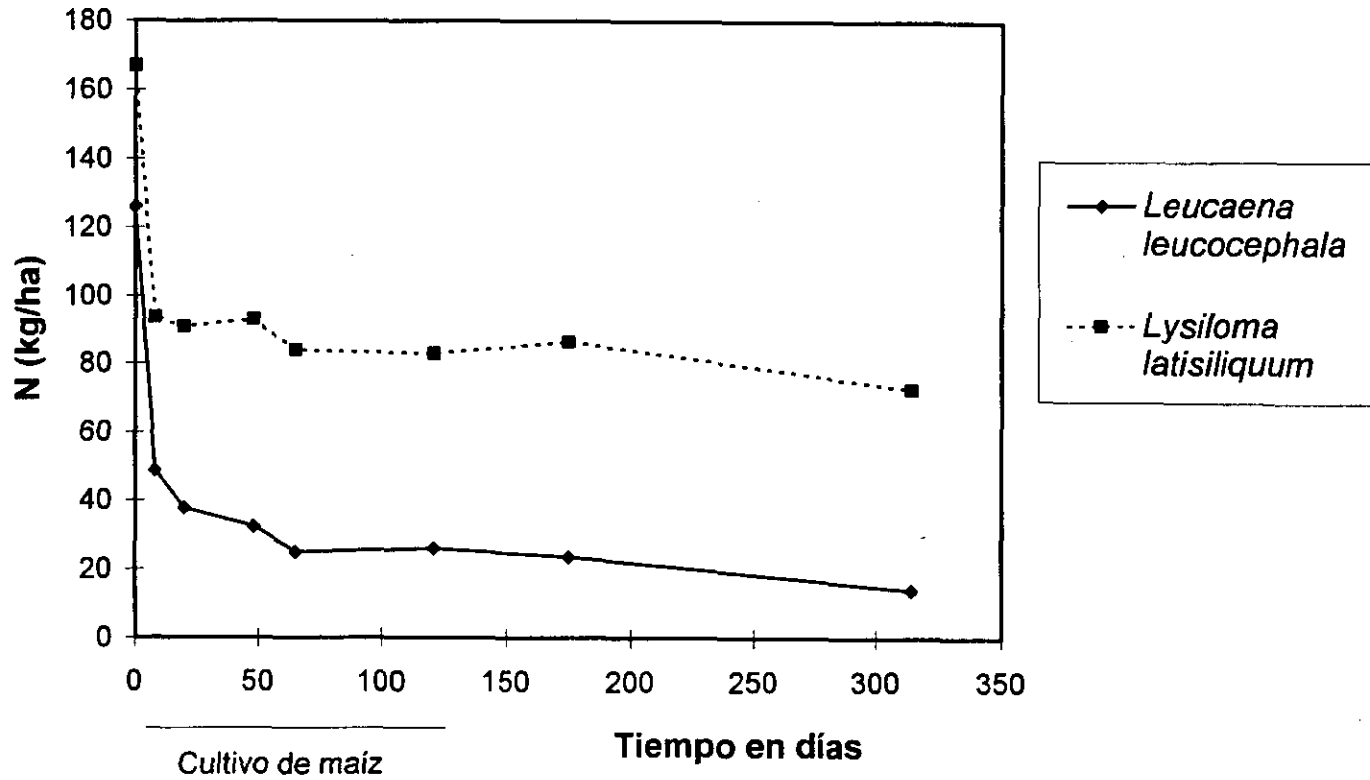
### Contenido y liberación de nitrógeno

En la (Figura 4-2) se muestra la cantidad de nitrógeno contenido en cada uno de los remanentes que corresponden a los diferentes tiempos de descomposición. La cantidad de nitrógeno que se depositó al suelo por medio de los mantillos, fue de 126 kg/ha con *Leucaena leucocephala* y de 167 kg/ha con *Lysiloma latisiliquum*.

En el primer tiempo (a los ocho días), se observa una rápida disminución de estas cantidades de nitrógeno en los remanentes de ambos mantillos: en el de *Leucaena leucocephala* fue del 53%, mientras que en el de *Lysiloma latisiliquum* fue del 43% (Figura 4-3). Sin embargo, en los siguientes remanentes sólo hubo cambios ligeros en los contenidos de nitrógeno. No obstante, se observa que dichas cantidades, siempre son mayores en los remanentes de *Lysiloma latisiliquum* que en los de *Leucaena leucocephala*.

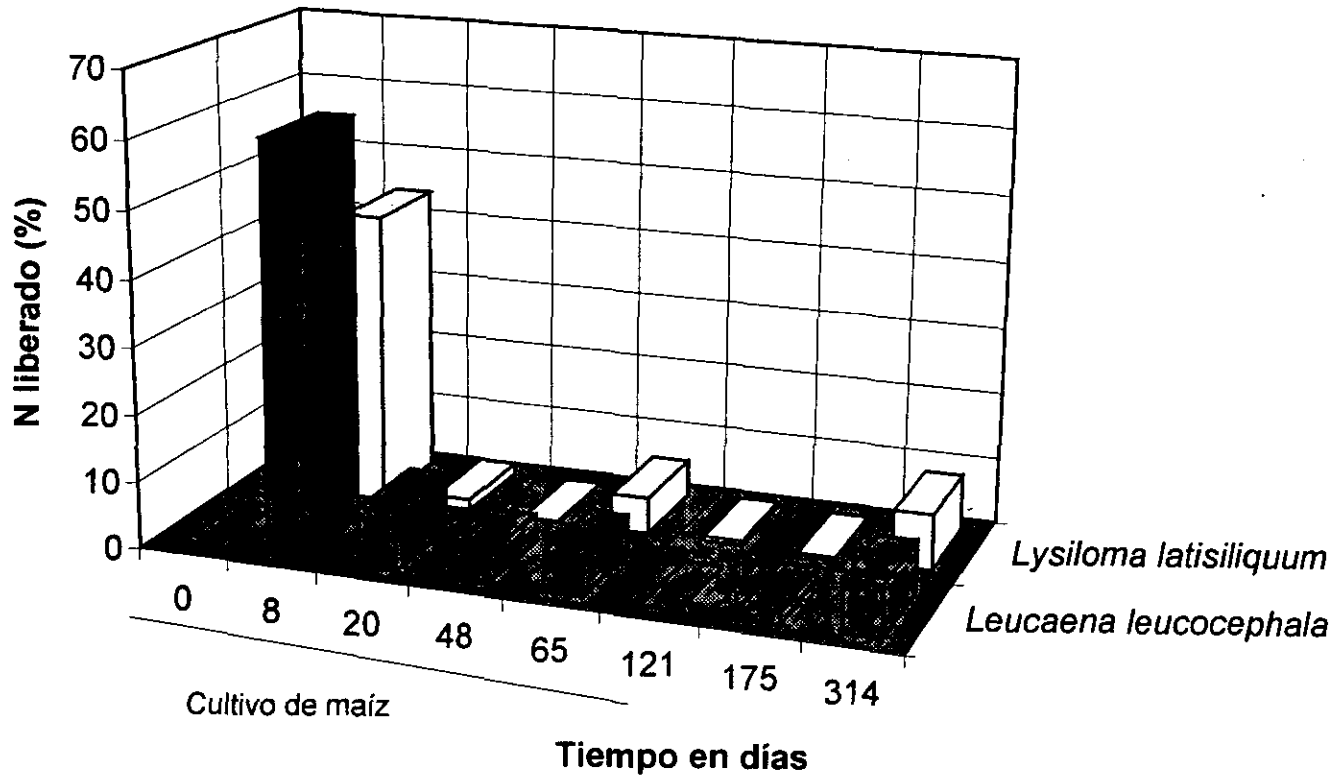
En la figura 4-4 se muestra la cantidad total de nitrógeno liberada durante los diferentes tiempos de descomposición de los mantillos. Se observa que en los primeros ocho días en ambos mantillos es aproximadamente la misma, alrededor de 75 kg. Sin embargo, en los siguientes tiempos, la liberación de nitrógeno fue mayor con el mantillo de *Leucaena leucocephala*; durante el ciclo del cultivo del maíz, se liberó con este mantillo alrededor de 100 kg (el 80% del depositado), mientras que con el de *Lysiloma latisiliquum* fueron alrededor de 80 kg de nitrógeno (el 50%) del depositado inicialmente.

**Figura 4-2. Contenido de nitrógeno en los remanentes de los mantillos**

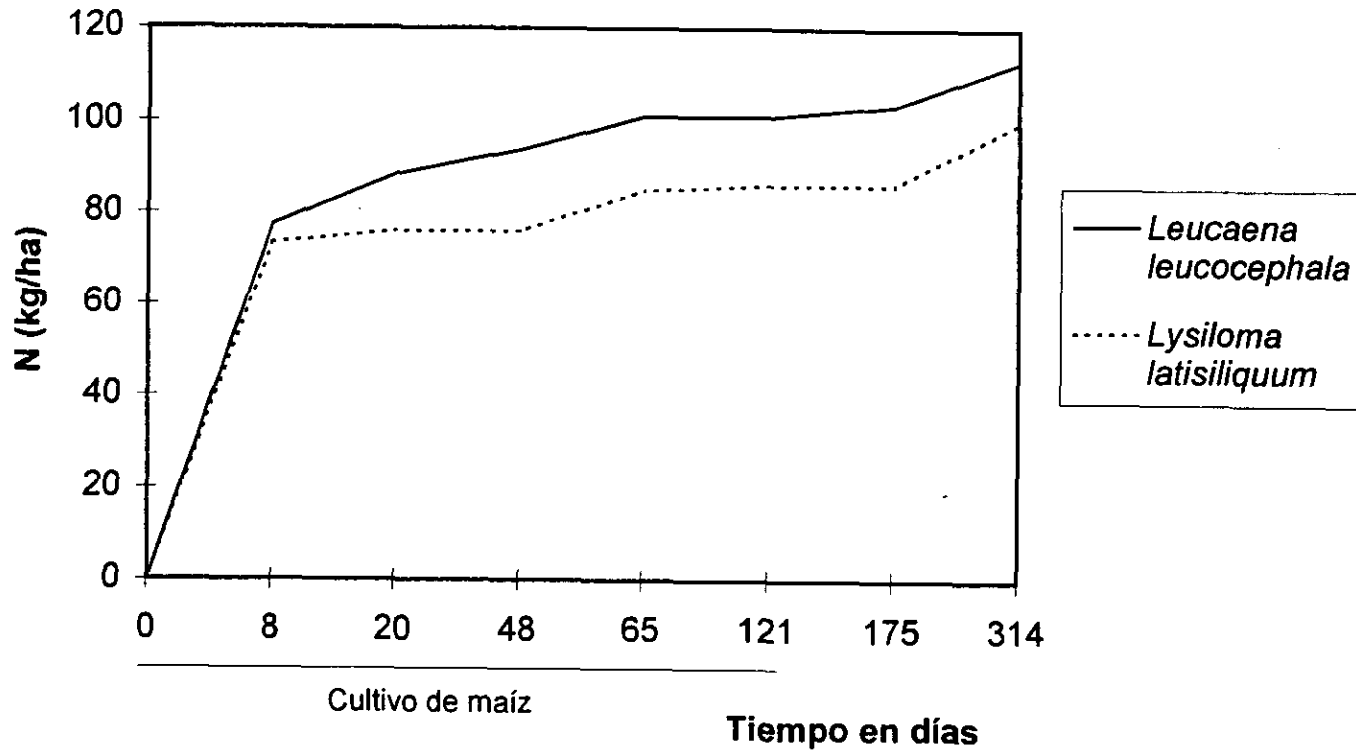




**Figura 4-3. Porcentaje de nitrógeno liberado a partir de los mantillos**



**Figura 4-4. Nitrógeno liberado durante la descomposición de los mantillos (acumulativo).**



## 4.2 Fauna del suelo

### Densidad de lombrices

En el cuadro 4-5 se muestra los promedios de la densidad de lombrices:

En el primer muestreo (agosto), se encontró diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) en la densidad de lombrices de los tratamientos de *L. leucocephala* y "deshierbe manual", respecto al "herbicida". La mayor densidad se presentó en *L. leucocephala* y en el "deshierbe manual" mientras que en "herbicida" se presentó la menor densidad de lombrices. En el mantillo de *Lysiloma latisiliquum* se encontró una densidad intermedia de lombrices.

En el segundo muestreo (octubre), las densidades de lombrices no presentaron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) entre los diferentes tratamientos, sin embargo, con relación al primer muestreo, hubo disminución en las poblaciones del mantillo de *Leucaena leucocephala* y "deshierbe manual"; en tanto que en el mantillo de *Lysiloma latisiliquum* y en el "herbicida", se mantuvieron casi igual.

En el tercer muestreo (noviembre), en ninguno de los tratamientos se encontraron lombrices.

Cuadro 4-5. Densidad de lombrices ( $X \pm EE$  del núm. de individuos/m<sup>2</sup>)\* en el suelo con mantillos de leguminosas

Tratamientos	n	Muestras		
		Agosto	Octubre	Noviembre
Herbicida	18	35 ± 9 <sup>a</sup>	34 ± 7 <sup>a</sup>	0
<i>Lysiloma latisiliquum</i>	18	28 ± 8 <sup>ab</sup>	28 ± 7 <sup>a</sup>	0
<i>Leucaena leucocephala</i>	18	51 ± 9 <sup>b</sup>	36 ± 7 <sup>a</sup>	0
Deshierbe Manual	12	44 ± 11 <sup>b</sup>	33 ± 9 <sup>a</sup>	0

\* ( $X \pm EE$ ) = promedio ± error estándar; los valores con letra distinta en las columnas indican que hay diferencias significativas ( $p < 0.05$ ), con base en los ANDEVA y con datos transformados a  $\text{Log}_{10}(n + 1)$ ; n = número de observaciones

### Biomasa de lombrices

En el cuadro 4-6 se muestra los promedios de la biomasa de lombrices:

En el primer muestreo (agosto), hubo diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) entre los mantillos de *Leucaena leucocephala* y *Lysiloma latisiliquum*, en el primero se encontró la mayor biomasa, mientras que en el segundo se encontró la menor. En

el "deshierbe manual" y "herbicida" se presentaron cantidades intermedias de biomasa.

En el segundo muestreo (octubre), no hubo diferencias significativas entre los tratamientos, sin embargo, respecto del muestreo de agosto, la biomasa de lombrices disminuye (excepto en *Lysiloma latisiliquum*).

Cuadro 4-6. Biomasa de lombrices ( $X \pm EE$  de gramos/m<sup>2</sup>) \* en el suelo con mantillos de leguminosas

Tratamientos	n	Muestreos		
		Agosto	n	Octubre
<i>Lysiloma latisiliquum</i>	12	2.462 ± 1.602 <sup>a</sup>	18	2.081 ± 0.587 <sup>a</sup>
Deshierbe Manual	9	4.932 ± 1.903 <sup>ab</sup>	12	1.340 ± 0.734 <sup>a</sup>
Herbicida	13	4.056 ± 1.571 <sup>ab</sup>	17	0.302 ± 0.645 <sup>a</sup>
<i>Leucaena leucocephala</i>	16	6.946 ± 1.377 <sup>b</sup>	18	1.43 ± 0.598 <sup>a</sup>

\* ( $X \pm EE$ ) = promedio ± error estándar; los valores con letra distinta en las columnas indican que hay diferencias significativas ( $p < 0.05$ ), con base en los ANDEVA y con datos transformados a  $\text{Log}_{10}(n + 1)$ ; n = número de observaciones

### Densidad de caracoles

En el cuadro 4-7 se muestra los promedios de la densidad de caracoles:

En el primer muestreo (agosto), no hay diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) en las poblaciones de caracoles entre los diferentes tratamientos.

En el segundo muestreo (octubre), si hay diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) entre los tratamientos de "herbicida" y "deshierbe manual", ya que la mayor densidad de caracoles se presentó en el "deshierbe manual", mientras que en el herbicida fue la menor. Los mantillos de *Leucaena leucocephala* y *Lysiloma latisiliquum*, tienen valores intermedios de densidad. Respecto al primer muestreo se observó disminución de las poblaciones en todos los tratamientos.

En el tercer muestreo (noviembre), no se observaron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) en la densidad de caracoles entre los tratamientos. Respecto al segundo muestreo, hubo disminución de las poblaciones en todos los tratamientos.

Cuadro 4-5. Densidad de caracoles ( $X \pm EE$  del núm. de individuos/m<sup>2</sup>)\* en el suelo con mantillos de leguminosas

Tratamientos	n	Muestreos		
		Agosto	Octubre	Noviembre
Herbicida	18	163 ± 42 <sup>a</sup>	15 ± 12 <sup>a</sup>	10 ± 9 <sup>a</sup>
<i>Leucaena leucocephala</i>	18	48 ± 40 <sup>a</sup>	31 ± 12 <sup>ab</sup>	18 ± 9 <sup>a</sup>
<i>Lysiloma latisiliquum</i>	18	65 ± 39 <sup>a</sup>	42 ± 12 <sup>ab</sup>	22 ± 8 <sup>a</sup>
Deshierbe Manual	12	60 ± 50 <sup>a</sup>	30 ± 15 <sup>b</sup>	24 ± 11 <sup>a</sup>

\*( $X \pm EE$ ) = promedio ± error estándar; los valores con letra distinta en las columnas, indican que hay diferencias significativas ( $p < 0.05$ ), con base en los ANDEVA y con datos transformados a  $\text{Log}_{10}(n + 1)$ ; n = número de observaciones

### Biomasa de caracoles

En el cuadro 4-8 se muestra los promedios de la biomasa de caracoles:

En la biomasa de caracoles, no hubo diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) entre los tratamientos, en ninguno de los tres muestreos. Sin embargo, hay disminución en el segundo y tercer muestreo respecto del primero y segundo respectivamente.

Cuadro 4-8. Biomasa de caracoles ( $X \pm EE$  de los gramos/m<sup>2</sup>) \* en el suelo con mantillos de leguminosas

Tratamientos	n	Muestreos			
		Agosto	n	Octubre	Noviembre
Herbicida	18	5.918 ± 1.625 <sup>a</sup>	18	0.499 ± 0.395 <sup>a</sup>	0.303 ± 0.183 <sup>a</sup>
<i>Leucaena leucocephala</i>	18	1.526 ± 1.557 <sup>a</sup>	18	1.201 ± 0.375 <sup>a</sup>	0.408 ± 0.176 <sup>a</sup>
<i>Lysiloma latisiliquum</i>	18	3.104 ± 1.531 <sup>a</sup>	18	1.382 ± 0.367 <sup>a</sup>	0.418 ± 0.172 <sup>a</sup>
Deshierbe Manual	11	2.170 ± 2.038 <sup>a</sup>	12	1.142 ± 0.460 <sup>a</sup>	0.475 ± 0.220 <sup>a</sup>

\*( $X \pm EE$ ) = promedio ± error estándar; los valores con letra distinta en las columnas, indican que hay diferencias significativas ( $p < 0.05$ ), con base en los ANDEVA y con datos transformados a  $\text{Log}_{10}(n + 1)$ ; n = número de observaciones

### Densidad de conchas de caracoles

En el cuadro 4-9 se muestran los promedios de la densidad de conchas:

En el primer muestreo (agosto), se encontró diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) en la densidad de conchas de caracoles entre el mantillo de *Leucaena leucocephala* y "herbicida"; la menor densidad se presentó en *Leucaena leucocephala* y la mayor en el "herbicida". Mientras que en el mantillo de *Lysiloma latisiliquum* y el "deshierbe manual", se encontraron densidades intermedias.

En el segundo muestreo (octubre), no se encontraron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) en la densidad de conchas de caracoles entre tratamientos; sin embargo respecto del primer muestreo hay incrementos en todos los tratamientos.

En el tercer muestreo (noviembre), no se encontraron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) en el número de conchas de caracoles entre tratamientos, sin embargo, disminuyeron (excepto en *Lysiloma latisiliquum*), respecto del segundo muestreo.

Cuadro 4-9. Densidad de conchas de caracoles ( $X \pm EE$  del núm. de conchas/m<sup>2</sup>)\* en el suelo con mantillos de leguminosas

Tratamientos	n	Muestras		
		Agosto	Octubre	Noviembre
<i>Leucaena leucocephala</i>	18	49 ± 12 <sup>a</sup>	207 ± 38 <sup>a</sup>	188 ± 23 <sup>a</sup>
<i>Lysiloma latisiliquum</i>	18	59 ± 12 <sup>ab</sup>	103 ± 38 <sup>a</sup>	134 ± 23 <sup>a</sup>
Deshierbe Manual	12	53 ± 15 <sup>ab</sup>	199 ± 47 <sup>a</sup>	150 ± 29 <sup>a</sup>
Herbicida	18	103 ± 12 <sup>b</sup>	179 ± 40 <sup>a</sup>	158 ± 24 <sup>a</sup>

\*( $X \pm EE$ ) = promedio ± error estándar; los valores con letra distinta en las columnas, indican que hay diferencias significativas ( $p < 0.05$ ), con base en los ANDEVA y con datos transformados a  $\text{Log}_{10}(n + 1)$ ; n = número de observaciones

### Peso de conchas de caracoles

En el cuadro 4-10 se muestran los promedios del peso de conchas:

En el primer muestreo (agosto), se encontraron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) en los peso de las conchas de caracoles entre los mantillos de *Leucaena leucocephala* y *Lysiloma latisiliquum* y el "herbicida". En los mantillos se presentó el peso menor, mientras que el "herbicida" tuvo el mayor peso; en el "deshierbe manual" se presentó el peso intermedio.

En el segundo muestreo (octubre), no se encontraron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) entre tratamientos en el peso de conchas de caracoles; sin embargo hubo aumento respecto del primer muestreo.

En el tercer muestreo (noviembre), se encontraron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) entre *Leucaena leucocephala* y *Lysiloma latisiliquum*; en el mantillo de *Leucaena leucocephala* se encontró el mayor peso de conchas de caracoles mientras que en el mantillo de *Lysiloma latisiliquum* se encontró el menor peso; en el "deshierbe manual" y "herbicida" se encontraron pesos intermedios de conchas de caracoles. Respecto del segundo muestreo hubo disminución en todos los tratamientos.

Cuadro 4-10. Peso de conchas de caracoles ( $X \pm EE$  de los gramos/m<sup>2</sup>) \* en el suelo con mantillos de leguminosas

Tratamientos	n	Muestréos			
		Agosto	n	Octubre	Noviembre
<i>Leucaena leucocephala</i>	18	2.286 ± 0.580 <sup>a</sup>	18	9.559 ± 1.963 <sup>a</sup>	7.044 ± 0.738 <sup>b</sup>
<i>Lysiloma latisiliquum</i>	18	2.550 ± 0.570 <sup>a</sup>	18	4.010 ± 1.825 <sup>b</sup>	3.930 ± 0.725 <sup>a</sup>
Deshierbe Manual	11	2.826 ± 0.759 <sup>ab</sup>	12	7.642 ± 2.289 <sup>a</sup>	4.682 ± 0.925 <sup>ab</sup>
Herbicida	18	4.696 ± 0.605 <sup>b</sup>	18	5.723 ± 1.963 <sup>a</sup>	5.126 ± 0.771 <sup>ab</sup>

\*( $X \pm EE$ ) = promedio ± error estándar; los valores con letra distinta en las columnas, indican que hay diferencias significativas ( $p < 0.05$ ), con base en los ANDEVA y con datos transformados a  $\text{Log}_{10}(n + 1)$ ; n = número de observaciones

## 5. Discusión

### 5.1. Descomposición

#### Calidad de los mantillos

El porcentaje de N de *Leucaena leucocephala* (3.49 %) está cercano al valor de 3.55% reportado por Tian *et al.* (1992); sin embargo, se encuentra por debajo del intervalo reportado por Vanlauwe *et al.* (1997) (4.21 a 5.33%) y del valor de 4.33% reportado por Kachaka *et al.* (1993). El valor determinado en *Lysiloma latisiliquum* (2.86) es menor que el de *Leucaena leucocephala*.

Los valores de polifenoles totales de *Leucaena leucocephala* (3.95%) son muy cercanos al 3.37% reportado por Kachaka *et al.* (1993), pero por debajo del reportado por Tian *et al.* (1992) que es de 5.02%. Sin embargo está dentro del ámbito reportado por Vanlauwe *et al.* (1997) y que es de 1.52 a 5.02. El valor determinado en *Lysiloma latisiliquum* (8.61), es aproximadamente el doble que el encontrado en *Leucaena leucocephala*.

En relación a los compuestos de lignina, se encontró que para *Leucaena leucocephala* fue de 7.97% considerablemente por debajo del reportado por Tian *et al.* (1992) que fue de 13.4%. Sin embargo, Vanlauwe *et al.* (1997) reporta un rango de 5.85 a 10.53 de porcentajes de lignina para *Leucaena leucocephala*. El valor determinado en *Lysiloma latisiliquum* fue de 15.42%.

Las diferencias en los contenidos de N, polifenoles y ligninas pueden estar relacionados con la época de muestreo (temporada de lluvias) y la edad de los individuos.

La relación C/N nos proporciona una idea general de la calidad del recurso; Tian *et al.* (1992b) mencionan que valores de C/N por debajo de 40 son considerados de alta calidad; arriba de 40 y por debajo de 75 de calidad intermedia y por arriba de 75 se consideran de baja calidad. En el caso de los mantillos utilizados en este estudio (12.68 en *Leucaena leucocephala* y de 15.56 en *Lysiloma latisiliquum*), y comparándolos con los valores que reportan Tian *et al.* (1992) y Kachaka *et al.* (1993) se clasificarían como plantas de alta calidad.

La relación C/N por sí sola no determina la calidad del recurso (Tian *et al.*, 1992). El principal compuesto derivado del carbono, que define la calidad del recurso, es la lignina.

Los valores de las relaciones Lignina/N, polifenoles/N y polifenoles+ lignina/N, que en todos los casos son menores en la hojarasca de *Leucaena leucocephala*, explican las diferencias encontradas entre las k de descomposición (alta en *Leucaena leucocephala* y, baja en *Lysiloma latisiliquum*). Melillo *et al.* (1982



citados por Palm y Rowland, 1997) reportaron una correlación entre los valores de la relación lignina/N y las constantes de descomposición de hojarasca de bosques leñosos. Fox *et al.* (1990 citado por Kachaka *et al.*, 1993) usaron la relación lignina + polifenoles/N para mostrar la secuencia en las tasas de descomposición/mineralización de diferentes materiales de leguminosas.

El mayor contenido de biomasa en *Lysiloma latisiliquum* se explica por la menor cantidad de agua depositada con este mantillo; por el contrario, *Leucaena leucocephala* por su mayor contenido de agua, aporta menos biomasa en peso seco.

### **Pérdida de peso**

La pérdida de peso del mantillo de *Leucaena leucocephala* es mayor que la de *Lysiloma latisiliquum* por varias causas: 1) contiene más agua, por lo que al inicio la pérdida de ésta hace que el peso se reduzca considerablemente; 2) hay liberación de compuestos hidrosolubles como carbohidratos y proteínas; 3) las dos anteriores, provee de un medio húmedo y rico en nutrimentos, favorable para la actividad microbiana; 4) por poseer menor cantidad de lignina, la descomposición es más rápida. Así se explica el valor alto de la *k* de descomposición en *Leucaena leucocephala*. Por el contrario, *Lysiloma latisiliquum* posee mayor contenido de lignina y menor cantidad de agua por lo que tiene una menor pérdida de peso y su tasa de descomposición es más baja respecto a *Leucaena leucocephala*.

La mayor tasa de descomposición observada en los suelos negros, probablemente se debe a que tienen mayor cantidad de materia orgánica y se promueve una mayor actividad biológica.

### **Contenido y liberación de N**

Las diferencias entre las cantidades del nitrógeno aportado por los mantillos: *Lysiloma latisiliquum* (167 kg/ha) y *Leucaena leucocephala* (26 kg/ha), se debe a que en peso seco se depositó mayor biomasa con *Lysiloma latisiliquum* (5.8 t/ha), en tanto que con *Leucaena leucocephala* se depositaron 3.6 t/ha. Es importante señalar lo anterior, ya que el campesino utiliza el mismo esfuerzo en colocar ambos mantillos y sin embargo, no se aporta la misma cantidad de nitrógeno.

La liberación del nitrógeno a los ocho días de colocarse los mantillos fue casi igual: *Lysiloma latisiliquum* (43%) y *Leucaena leucocephala* (53%), aún cuando *Lysiloma latisiliquum* contiene mayor cantidad de polifenoles; lo que indica que estos compuestos son del tipo de los hidrosolubles y se descomponen de manera rápida. Kachaka *et al.* (1993), encontró que compuestos de alta solubilidad como azúcares, aminoácidos algunos metabolitos secundarios y proteínas, se liberan rápidamente en las primeras fases de la descomposición. Si es así, la mayor cantidad de nitrógeno liberada de los mantillos se deriva de la fracción soluble.

En los posteriores tiempos de la descomposición *Lysiloma latisiliquum* retuvo mayor cantidad de nitrógeno, y se explica porque seguramente contiene menores cantidades de nitrógeno soluble y por los valores altos en las relaciones lignina/N y polifenoles/N, lo cual hace suponer que este nitrógeno está ligado a compuestos lignificados.

Esto explica también aún cuando con *Lysiloma latisiliquum* se aportó mayor nitrógeno, al final del ciclo agrícola, se liberó con *Leucaena leucocephala* en total, el 80% del depositado, mientras que con *Lysiloma latisiliquum* se liberó en total el 50% del depositado. Significa que ambos mantillos pueden usarse como abonos y proveer de nitrógeno al suelo de manera rápida. Sin embargo en cuanto a los aportes de biomasa, el mantillo de *Lysiloma latisiliquum* incorpora más cantidad. Esto pasa a formar parte de la materia orgánica del suelo, que le beneficia a largo plazo.

Las cantidades de nitrógeno liberado por los mantillos (suponiendo que la mayor parte se aprovecha) son las adecuadas para obtener buenos rendimientos de maíz. Jones *et al.* (1995) registran que con 3.7 t/ha en peso seco de mantillo de *Leucaena leucocephala* se aportaron 93 kg/ha de N y se produjeron de 2,200 a 2,500 kg/ha de maíz.

## 5.2. Fauna del suelo

Hay un efecto positivo del mantillo *Leucaena leucocephala* sobre la densidad de lombrices, sin embargo no presenta diferencias significativas respecto al deshierbe manual. La menor cantidad de lombrices en *Lysiloma latisiliquum* puede explicarse considerando la calidad del recurso, ya que en *Lysiloma latisiliquum* hay más cantidad de lignina y polifenoles, que limitan la palatabilidad del recurso. Hendrikson (1990 citado por Tian *et al.*, 1993) observó que la densidad de poblaciones de lombrices se relaciona negativamente con la concentración de polifenoles; Tian *et al.* (1993) encontraron que en *Leucaena leucocephala* la densidad de lombrices es mayor en comparación con otros mantillos y que esta densidad está altamente relacionada con la cantidad de nitrógeno y lignina: el N facilita el desarrollo de las poblaciones de lombrices y la lignina lo limita.

La composición química del recurso también puede explicar la baja densidad en el tratamiento del herbicida. En este tratamiento se tiene un recurso derivado de las arvenses, que posiblemente es de baja calidad, comparado con el de las leguminosas y tal vez poco palatable, que limita el desarrollo de las lombrices.

En el segundo muestreo no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos, sin embargo, hubo una disminución de las lombrices respecto del primer muestreo, en todos los tratamientos. Pero como había suficiente humedad, se descarta a esta variable como la causa de dicha disminución. Puede afirmarse que fue la calidad de los mantillos lo que influyó en la baja de las poblaciones; es decir, como *Leucaena leucocephala* tiene una vida media de 10.5 días y su permanencia en el cultivo es muy corta, en estas fechas tiene principalmente compuestos recalcitrantes; mientras *Lysiloma latisiliquum* tiene una vida media de 171 días, lo que hace que su permanencia en el suelo sea mayor; sin embargo, por la cantidad de lignina que posee, es menos palatable. Fragoso *et al.* (1995) mencionan que la calidad del suelo influye en la abundancia y riqueza de especies. Tian *et al.* (1993) afirman que la composición nutrimental de los mantillos es uno de los factores que tienen efecto en la fauna del suelo.

Fragoso *et al.* (1995) mencionan que la humedad afecta a nivel de categorías ecológicas (distribución vertical en el perfil del suelo) y la riqueza de especies. Esto explica el por que a falta de humedad en el tercer muestreo, todas las poblaciones de lombrices disminuyeron, tal vez enquistándose o emigrando a sitios profundos.

Los valores obtenidos en la biomasa de las lombrices no fueron proporcionales a los de la densidad. Hubo diferencias significativas entre los mantillos y pueden explicarse también, por la mayor cantidad de polifenoles y lignina que posee *Lysiloma latisiliquum*.

Aún cuando se observa un efecto favorable del mantillo de *Leucaena leucocephala* en la biomasa de lombrices, al comparar estos resultados con otros estudios, la biomasa es menor; por ejemplo *Lavelle et al.* (1994) encontraron en pastizales de Veracruz, entre 100 y 400 g/m<sup>2</sup> de lombrices, mientras que en este estudio se obtuvo una biomasa de 5 g/m<sup>2</sup>.

Con relación a los caracoles, en general no hay diferencias significativas en la densidad y biomasa entre los tratamientos. La cantidad y calidad química del recurso no son limitantes para el desarrollo de las poblaciones de caracoles, ya que la aplicación de los mantillos no influye en su densidad. Las diferencias significativas entre los tratamientos en el segundo muestreo (octubre), que consiste en una menor cantidad de caracoles en el tratamiento con herbicida, pueden deberse a la calidad de los mantillos de leguminosas. Se podría pensar también que el efecto tóxico del herbicida (gramoxone: paraquat), influyó negativamente en las poblaciones de caracoles (ya que la mayor densidad y peso de conchas vacías de caracoles se encontraron en ese tratamiento). Sin embargo, *Roger et al.* (1994), encontraron que en cultivos de arroz, los herbicidas tienen limitada toxicidad en los invertebrados del suelo y que los moluscos no son afectados por el plaguicida, más bien los benefician, ya que al aplicar el carbofurano o butacloro en los cultivos, se redujo la competencia con otros invertebrados y aumentaron las poblaciones de caracoles.

La disminución, entre muestreos, de la densidad y biomasa de los caracoles, puede deberse más a la disminución de la humedad, que a la cantidad de alimento, ya que en el mes de noviembre, aún cuando en los tratamientos había alimento (derivado de las arvenses), la densidad y biomasa de las poblaciones de caracoles disminuyeron considerablemente. El ciclo biológico de los caracoles está determinado por la cantidad de humedad, por lo que, si se pretende realizar agricultura de riego, se estarán proporcionando las condiciones adecuadas para el desarrollo de los caracoles.

Se hace necesario monitorear la densidad de los caracoles, ya que *Villalobos et al.* (1995), reportan que *Succinea costaricana* se comportó como plaga en plantas ornamentales, al aplicar durante tres años consecutivos mantillos de la hojarasca del cultivo, bajo condiciones de trópico húmedo. Además, debe considerarse que el pH alcalino y cantidades altas de calcio son propiedades del suelo que favorecen la densidad de los caracoles (*Mijail et al.* 1996).

Debe tenerse en cuenta que la agricultura de riego, que en la actualidad se está promoviendo, puede ser un factor importante en la generación de nuevas plagas y en especial de caracoles.

Es posible que con los parámetros de densidad y biomasa de caracoles no se detecte el efecto de los tratamientos y, que posiblemente sí se denoten al analizar otros factores como la diversidad, la distribución y la riqueza de las especies. *Stork y Eggleton* (1992) opinan que los parámetros de abundancia, densidad y

biomasa en los invertebrados, son elementos que ayudan a valorar la calidad del suelo; sin embargo, recomiendan incorporar otros factores, como la riqueza de especies edafícolas; la diversidad de grupos tróficos en el suelo; las interacciones o tramas alimenticias, y la identificación de especies clave, para poder valorar de manera integral la calidad del suelo.

Los promedios de la densidad de caracoles en los tratamientos están entre 4 y 32 individuos/m<sup>2</sup> en el primer muestreo; en los alrededores de la parcela (pastizales y vegetación secundaria) es mucho menor la cantidad de caracoles, por lo que en general, se observa que hay un efecto favorable del manejo con leguminosas en la parcela experimental sobre los caracoles. Alvarez y Willig (1993) encontraron en Puerto Rico, 34.3 individuos m<sup>-2</sup> en vegetación natural y 41 individuos/m<sup>2</sup> en vegetación perturbada.

Al medir la densidad y biomasa de caracoles a nivel de comunidad, se contabilizaron indistintamente los individuos, y seguramente la alta heterogeneidad de los suelos (debido a la piedras y rocas) esté proporcionando microhábitats para diferentes especies, por lo que es posible que en algunos sitios se hayan contado al mismo tiempo sólo individuos de una especie, mientras que en otros sitios se hayan contado, caracoles de otra especie. Por ello, tal vez el efecto de los tratamientos no se hizo evidente. Es importante evaluar la distribución de las especies, para que así pueda determinarse la densidad y biomasa a nivel de especie. Alvarez y Willig (1993), dicen que: "las diferentes especies de caracoles responden de manera diferente a los cambios ambientales.

### 5.3. Importancia biológica y agronómica de los mantillos

Con la información generada en este trabajo y retomando datos agronómicos del cultivo de 1996, se hace una evaluación integral del efecto de los mantillos, comparándolos con el herbicida y otras leguminosas de cobertura.

Al comparar los resultados de producción de maíz, se obtuvo con *Lysiloma latisiliquum* 1783 kg/ha y con *Leucaena leucocephala* 1740 kg/ha. Estas cantidades son poco menores que con el "herbicida" y con el de *Canavalia ensiformis*. (Cuadro 5-1). Sin embargo, en comparación con *Mucuna deerengianum*, la producción con los mantillos fue baja. Sin embargo, tomando en cuenta que este cultivo es de tercer año consecutivo, en general puede calificarse de una producción adecuada (Cuadro 5-2), ya que la cantidad promedio que se reporta para la Zona Henequenera y para un segundo año es de 700 kg/ha

Con relación al control de arvenses, se encontró menos biomasa de arvenses en los mantillos que en el "herbicida" y *Canavalia ensiformis*, pero respecto a *Mucuna deerengianum* y el deshierbe manual, se obtuvo mayor biomasa de arvenses (Cuadro 5-1). Esto significa que como controladores de arvenses los mantillos tienen un efecto adecuado (Cuadro 5-2).

Cuadro 5-1 Producción de maíz y control de arvenses\* en los diferentes tratamientos

	<i>Leucaena leucocephala</i>	<i>Lysiloma latisiliquum</i>	<i>Canavalia ensiformis</i>	<i>Mucuna deerengianum</i>	Herbicida	Deshierbe Manual
Producción de Maíz (kg/ha)	1783	1740	1940	2057	1933	---
Biomasa de arvenses (g/ 1.25 m <sup>2</sup> )	110.28	115.9	157.52	59.01	185.7	83.13

\* con base en los datos del ciclo de cultivo de 1996, informe interno PROTROPICO

La rápida liberación del nitrógeno por los mantillos tienen un efecto a corto plazo, por lo que pueden considerarse que actúan como fertilizantes y se podrían utilizar en suelos con deficiencias de nitrógeno, de la misma manera que los fertilizantes químicos.

El mantillo de *Lysiloma latisiliquum* retiene más el nitrógeno con relación a *Leucaena leucocephala*, no obstante, la cantidad liberada es suficiente para obtener una buena producción de maíz. Es posible que con la retención de nitrógeno se esté favoreciendo el proceso de humificación de acuerdo con la teoría de la formación de humus por la lignina modificada (Tate, 1992). Además, por su alto contenido de lignina, se puede afirmar que tiene un efecto a largo plazo por el aumento de la materia orgánica del suelo. De esta manera, *Lysiloma latisiliquum* presenta doble ventaja: liberar nitrógeno a pocos días de la aplicación

y conservar una cantidad importante que puede pasar a formar parte de la materia orgánica edáfica. Por el contrario, *Leucaena leucocephala* participa mínimamente en este proceso ya que rápidamente se descompone (Cuadro 5-2).

Con relación a la protección que ofrecen los mantillos al suelo, la mayor permanencia de la hojarasca de *Lysiloma latisiliquum* protege al suelo por mayor tiempo, lo cual permite una mejor conservación de la humedad, que es de suma importancia en regiones de trópico seco como la Zona Henequenera.

En cuanto al efecto en la fauna del suelo, hay más lombrices en *Leucaena leucocephala* respecto a *Lysiloma latisiliquum*, mientras que en las poblaciones de caracoles no se observaron diferencias entre mantillos; sin embargo, llama la atención el haber encontrado gran cantidad de conchas vacías (indicador de caracoles muertos), en el tratamiento con el "herbicida".

Cuadro 5-2. Evaluación agronómica de los mantillos

Propiedades	<i>Lysiloma latisiliquum</i>	<i>Leucaena leucocephala</i>
Incrementa la materia orgánica del suelo	si	no
Descomposición	lenta	rápida
Subprocesos predominantes	mineralización y humificación	mineralización
Cantidad de N aportado y liberado	adecuada	adecuada
Retención de N	mayor	menor
Sincronía con el maíz	baja	baja
Protección al suelo (erosión)	durante más tiempo	durante menos tiempo
Conservación de las poblaciones de lombrices	baja	adecuada
Control de arvenses*	adecuada	adecuada
Producción de maíz*	adecuada	adecuada

\* con base en los datos del ciclo de cultivo de 1996

### Recomendaciones

Considerando en su conjunto las ventajas y desventajas de los mantillos se recomienda lo siguiente:

Colocar los mantillos lo más cercano a la etapa de crecimiento del maíz; debe realizarse de 10 a 15 días después de la siembra, ya que así se aprovechará mejor el nitrógeno liberado. O bien, la sincronía entre la liberación del nitrógeno y la etapa de crecimiento del maíz puede mejorarse si la misma dosis es aplicada en dos partes, la primera a la semana de la siembra y la segunda 15 días después.

Colocación de mezclas de estos mantillos para mejorar la k y la sincronía; Aplicación de menor cantidad de mantillo de *Lysiloma latisiliquum* para disminuir el esfuerzo físico invertido.

Sembrar las leguminosas como cercas vivas para podar y obtener las ramas jóvenes menos lignificadas y facilitar la obtención del mantillo.

Estudiar la riqueza y distribución de las especies de lombrices y caracoles, ya que es posible que la heterogeneidad del suelo influye en su disposición en los diferentes microhábitats a nivel horizontal y vertical.

También determinar si las especies de lombrices y caracoles encontradas en la parcela son nativas o exóticas, lo que sirve como un indicador de la alteración de un ecosistema, ya que las exóticas se encuentran asociadas a ecosistemas alterados, mientras que las nativas están relacionadas con sistemas naturales.



## 6. Conclusiones

*Leucaena leucocephala* tiene una *k* de descomposición más alta que *Lysiloma latisiliquum* debido a que tiene menores tasas de polifenoles/N; lignina/N y polifenoles + lignina/N.

Las cantidades de nitrógeno liberado por ambos mantillos son las apropiadas para obtener buena producción de maíz.

Por la forma rápida en que liberan el nitrógeno los mantillos pueden ser utilizados en suelos con deficiencias de nitrógeno de la misma manera que los fertilizantes químicos.

El mantillo de *Leucaena leucocephala* ocasiona un aumento en las poblaciones de lombrices.

Es posible que el mantillo de *Lysiloma latisiliquum* sea menos comido por las lombrices debido a su mayor contenido de polifenoles y lignina.

Ambos mantillos no modifican las poblaciones de caracoles.

ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA

## 7. Referencias

- Alexander, M. (1980). *Introducción a la microbiología del suelo*. AGT editor, S.A. D.F., México.
- Alexander, M. y K. Scow. (1987). Kinetic of biodegradation in soils. En: *Reactions and movement of organic chemicals in soils*. Soil Science Society of America. Wisconsin, EEUU.
- Alvarez, J., y M. R. Willig. (1993). Effects of treefall Gaps on the density of land snails in the Luquillo Experimental Forest of Puerto Rico. *Biotropica* 25(1): 100-110.
- Anderson, J. y J. Ingram. (1993). *Tropical soil biology and fertility: a hand book of methods*. CAB International, Wallingford, UK.
- Babbar, L. y J. Ewel. (1989). Descomposición del follaje en diversos ecosistemas sucesionales tropicales. *Biotropica* 21 (1): 20-29.
- Begon M., J. Harper y C. Townsed. (1988). *Ecología*, Omega, Barcelona, España.
- Brady, N. (1994). Alternatives to slash-and-burn: A global imperative. En *Alternatives to slash-and-burn agriculture*, Sanchez, P. y H. Houten (eds). 15<sup>th</sup> International Soil Science Congress Acapulco, México. pp. 3-14.
- Caamal, A. (1995). El uso de leguminosas como cobertura viva y muerta para el control de malezas en el cultivo de maíz, como alternativa al sistema de roza-tumba-quema, Yucatán, México. Tesis M. Sc. CATIE, Costa Rica.
- Chen, Y., N. Senesi y M. Schnitzer. (1977). Information provide on humic substances by  $E_4/E_6$  ratio. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 41: 352-358.
- Delgado, C., H. Estrada, J. Jiménez-Osornio y F. Bautista. (1996). La pedregosidad y rocosidad en la formación de los suelos someros de Yucatán: Elementos a considerar para su clasificación. *Memorias del Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo 1996*. Sonora, México.
- Doménech, X. (1995). *Química del suelo: el impacto de los contaminantes*. Miraguano ediciones. Madrid, España.
- Duch, G.J. (1988). *La conformación territorial del Estado de Yucatán. Los componentes del medio físico*. Centro Regional de la Península de Yucatán. UACH, México.
- Duch, G.J. (1991). *Fisiografía del estado de Yucatán: su relación con la agricultura*. Centro Regional de la Península de Yucatán. UACH, México.
- Duch G.J. (1992). *Condicionamiento ambiental y modernización de la milpa en el estado de Yucatán*. En D. Zizumbo, Ch. Rasmussen, L.M. Arias, S. Terán (eds). *La modernización de la milpa en Yucatán; utopía o realidad II*. Ambiente y Recursos Genéticos. CICY-DANIDA. Yucatán, México.

- Flores, S., e I. Espejel. (1994). Etnoflora Yucatanense. Tipos de Vegetación de la Península de Yucatán. Universidad Autónoma de Yucatán. Fascículo 3 pp. 135.
- Fragoso, C., S.W. James y S. Borges. (1995). Native earthworms of the North Neotropical Region: current status and controversies. En: Earthworm ecology and Biogeography in North America. P.F. Hendrix (Ed.) Lewis Publishers. 67-115. E.E.U.U.
- García, E. (1983) Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Apuntes de climatología. Talleres Larios. México, D.F.
- Hassink, J., L. Bouwman, K. Zwart, J. Bloem y Brussaard. (1993). Relationships between soil texture, physical protection of organic matter, soil biota and C and N mineralization in grassland soils. *Geoderma* 57: 105 -128.
- Heal, O. W., J.M. Anderson y M. J. Swift. (1997). Plant litter quality and decomposition: An historical overview. En: Cadish, G. y K. E. Giller (eds). *Driven by Nature: plant litter quality and decomposition*. CAB INTERNATIONAL, U.K. pp.3-30.
- Hernández X., E. (1985). La agricultura en la Península de Yucatán. En: E. Hernández X. (Ed). *Xolocotzia: Obras de Efraim Hernández Xolocotzi*. Tomo I. *Revista de Geografía Agrícola, Universidad Autónoma de Chapingo*. Edo. Méx. México.
- Hort, H., F. Frimmel, L. Hargitai, E. Hennes, A. Huc, U. Muller, J. Niemeyer, A. Nissenbaum, I. Sekoulov, E. Tipping, J. Weber y R. Zeep. (1988). Environmental reactions and functions group report. En: *Humic substances and the role in the environment*. Ed. F.H. Frimmel and R.F. Christman. John Wiley and Sons. EEUU.
- INEGI - Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. (1995). Anuario estadístico del Estado de Yucatán. Gobierno del estado de Yucatán, México.
- Jiménez-Osornio, J. (1993). Mejoramiento de la calidad de vida de la Zona Henequenera de Yucatán mediante sistemas de producción agrosilvícolas. *Informe del Programa de Manejo y Conservación de Recursos Naturales Tropicales*, Universidad Autónoma de Yucatán. Mérida, Yucatán, México. 22 p.
- Kachaka, S., B. Vanlauwe y R. Merckx. (1993). Decomposition and nitrogen mineralization of prunings of diferent quality. In: Mulongoy, K. y Merckx, R. (eds) *Soil organic matter dynamics and sustainability of tropical agriculture*. Wiley & Sons, Chichester, UK, pp. 199-208.
- Lal, R. (1987). *Tropical Ecology and Physical Edaphology*. Wiley & Sons Chichester, UK.
- Lal, R., De Vleeschauwer, D., y Nganje, R.M. (1980). Changes in properties of a newly cleared Alfisol as affected by mulching. *Soil Sci. Soc. Amer. J.* 44, 827-833.

- Lavelle, P., E. Blanchart, A. Martin, S. Martin. (1993). A hierarchical model for decomposition in terrestrial ecosystems: application to soils of the humid tropics. *Biotropica* 25(2): 130-150.
- Lavelle, P., M. Dangerfield, C. Fragoso, V. Eschenbrenner, D. López, B. Pashanasi y L. Brussaard. (1994). The relationship between soil macrofauna and tropical soil fertility págs. 137-169. In: *The Biological Management of Tropical Soil Fertility*. Edited by P.L. Woomer and M. J. Swift. A. Wiley-Sayce Publication.
- Levy, S. y E. Hernández X. (1992). La sucesión secundaria y su manejo en el sistema roza-tumba-quema. En: D. Zizumbo, Ch. Rasmussen, L. M. Arias, S. Terán (eds). *La modernización de la milpa en Yucatán: Utopía o realidad. III: Racionalidad Tecnológica e Innovaciones*. CICY-DANIDA. Yucatán, México.
- Mijail, A. (1996) Efecto de borde (bosque tropical lluvioso-cacotal) en los caracoles terrestres (Mollusca: Gastropoda). *Rev. Biol. Trop.*, 42(3): 745-746.
- Mizrahi, A., J. Jiménez-Osornio, J. Ramos. (aceptado, 1997). Composition, structure, and management potential of secondary dry tropical vegetation in two abandoned henequen plantations of Yucatán, México. *Forest Ecology and Management*.
- Oades M.J., G.P. Gillman, G. Uehara et, N.V. Hue, M. Noordwijk, P. Robertson y K. Wada. (1989). Interactions of soils organic matter and variable charge clays. en: *Dynamics of soil organic matter in tropical ecosystem*. University of Hawaii. Honolulu, Hawaii.
- Ortega, L. (1997). Planificación para el manejo de los henequenales abandonados de Hocabá, Yucatán. Tesis de maestría. Yucatán, México.
- Palm C. y P. Sánchez. (1991). Nitrogen release from the leaves of some tropical legumes as affected by their lignin and polyphenolic contents. *Soil Biology and Biochemistry* 23: 83-88
- Palm, G.A. y A.P. Rowland. (1997). A minimum dataset for characterization of plant quality for decomposition. En: Cadish, G. y K. E. Giller (eds). *Driven by Nature: plant litter quality and decomposition*. CAB INTERNATIONAL, U.K. pp. 379-392.
- Paré, L. y J. Fraga. (1994). *La costa de Yucatán: desarrollo y vulnerabilidad ambiental*. Cuadernos de Investigación No. 23. Instituto de Investigaciones Sociales, UNAM, México 120 págs.
- Peniche, N. A. (1994). Riesgos y oportunidades para el campo yucateco, El sector agropecuario y el TLC que suscribimos con Estados Unidos y Canadá, México, Talleres Gráficos del Sudeste. 400 págs.
- Pérez Toro, A. (1981). La agricultura milpera de los mayas en Yucatán. En: P. Vargas (ed.). *La milpa entre los mayas de Yucatán*.

- Rodríguez, F. (1982). *Fertilizantes: nutrición vegetal*. AGT Editor, S.A. D.F. México.
- Roger, P., I. Simpson., R. Oficial, S. Ardales y R. Jimenez. (1994). Effects of pesticides on soil and water microflora and mesofauna in wetland ricefields: a summary of current knowledge and extrapolation to temperate environments. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 34, 1057-68.
- Sánchez, P. y M. Anaya. (1994). Symposium introduction. En: Alternatives to slash and burn agriculture. Symposium ID-6. 15th International Soil Science Congress, ISSS. Acapulco, México.
- Sánchez, P. A., C. Palm, L. T. Szott, E. Cuevas, R. Lal, J. H. Fownes, P. Hendrix, H. Ikawa, S. Jones, M. Noordijk y G. Uehara. (1989). Organic input management in tropical agroecosystems. En: Dynamics of soil organic matter in tropical ecosystems. University of Hawaii. Honolulu, Hawaii.
- Stork, N. y P. Eggleton (1992). Invertebrates as determinants and indicators of soil quality. *American Journal of Alternative Agriculture* 7(1, 2): 38-47.
- Tate, R. (1992). Soil organic matter: Biological and ecological effects. Krieger Ed. Florida, EEUU:
- Terán S. y C. Rasmussen. (1994). *La milpa de los Mayas*. Danida. Yucatán, México 322 pp.
- Tian, G., Kang, B.T. y Brussaard, L. (1992). Biological effects of plant residues with contrasting chemical compositions under humid tropical conditions: Decomposition and nutrient release. *Soil Biology and Biochemistry* 25, 731-737.
- Tian, G., L. Brussaard and B. Kang. (1993). Biological effects of plant residues with contrasting chemical compositions under humid tropical conditions: effects on soil fauna. *Soil Biology and Biochemistry* 25(6): 731-737.
- Tian, G., Kang, B.T. y Brussaard, L. (1997). Soil fauna-mediated decomposition on plant residues under constrained environmental and residue quality conditions. En: Cadish, G. y K. E. Giller (eds). *Driven by Nature: plant litter quality and decomposition*. CAB INTERNATIONAL, U.K. pp. 125-134.
- Vanlauwe, B., F. Diels, N. Sanginga y R. Merckx. (1997). Residue quality and decomposition: An unsteady relationship? En: Cadish, G. y K. E. Giller (eds). *Driven by Nature: plant litter quality and decomposition*. CAB INTERNATIONAL, U.K. pp. 157-166.
- Villanueva M., E. (1990). La formación de las Regiones de Yucatán. En: Baños, O. (ed). *Sociedad, estructura agraria y estado en Yucatán*. Ediciones de la Universidad Autónoma de Yucatán, México. pp. 167-203.
- Vives, L. (1986). *Agroambiente*. CATIE. Turrialba, Costa Rica, No. 13, 232 p.
- Wardle, D.A. y P. Lavelle. (1997). Linkages between Soil Biota, Plant Litter Quality and Decomposition. En: Cadish, G. y K. E. Giller (eds): *Driven by Nature, plant litter quality and decomposition*. CAB INTERNATIONAL, U.K. pp. 107-124

Zizumbo, D. (1992) Prefacio. En: D. Zizumbo, Ch. Rasmussen, L. M. Arias, S. Terán (Eds). *La modernización de la milpa en Yucatán: utopía o realidad*. CICY-DANIDA. Yucatán, México.

A N E X O S

Datos de pérdida de peso de *Lysiloma latisiliquum*

Suelo Café (peso en gramos)								
Días	0	8	20	48	65	121	175	314
Años	0	0.02	0.055	0.132	0.178	0.332	0.479	0.860
I4b	17	15.76	15.26	12.75	11.8			10.09
I8b	17		14.19	13.49	13.18	12.91	10.52	10.75
III1a	17	16.8	13.81	13.71	12.25		11.28	11.04
III1b	17		15.75	13.28	12.37		11.57	
II9a	17	16.39	15.2	13.07	12.15		11.39	10.52
II5b	17	15.49		13.78	12.64	12.23	10.75	8.43
II9b	17	15.45	14.72	13.46		12.08		9.36
III8a	17	15.53	16.13	14.79	11.68	12.39	11.24	10.31
X	17	15.90	15.01	13.54	12.30	12.40	11.12	10.07
Lr/Li								
DIAS	0	8	20	48	65	121	175	314
Años	0	0.022	0.06	0.132	0.178	0.33	0.48	0.860
I4b	1	0.93	0.90	0.75	0.69			0.59
I8b	1		0.84	0.79	0.78	0.76	0.62	0.63
III1a	1	0.99	0.81	0.82	0.72		0.66	0.65
III1b	1		0.93	0.78	0.73		0.68	
II9a	1	0.96	0.89	0.77	0.72		0.67	0.62
II5b	1	0.91		0.81	0.74	0.72	0.63	0.50
II9b	1	0.91	0.87	0.79		0.71		0.55
III8a	1	0.91	0.95	0.87	0.69	0.73	0.66	0.61
X	1	0.93	0.88	0.80	0.72	0.73	0.65	0.59

Suelo rojo (Peso en gramos)								
I8a	17	15.8	15.87	13.68	13.63	11.22		10.67
Lr/Li								
I8a	1	0.93	0.93	0.80	0.80	0.66		0.63
(%)	100	92.94	93.35	80.47	80.17	66		62.76



Datos de pérdida de peso de *Leucaena leucocephala*

Suelo rojo (Peso en gramos)								
Días	0	8	20	48	65	121	175	314
Años	0	0.02	0.05	0.131	0.178	0.33	0.47	0.86
I3a	15	6.41	4.45	4.01	2.92	2.79	3.32	1.72
I4a	15	6.02	4.76	3.85	3.61	3.53	2.5	1.6
Lr/Li								
I3 a	1	0.427	0.297	0.267	0.195	0.186	0.221	0.115
I4 a	1	0.401	0.317	0.257	0.241	0.235	0.167	0.107
X	1	0.414	0.307	0.262	0.218	0.211	0.194	0.111

Suelo café (Peso en gramos)								
Días	0	8	20	48	65	121	175	314
Años	0	0.02	0.05	0.131	0.178	0.33	0.47	0.86
I3b	15	6.47	4.6	3.85	3.25	2.45	3.08	1.13
II1a	15	5.8	4.44	3.18	3.16	3.35	3.21	1.92
II1b	15	6.31	4.71	3.18	2.78			1.81
III8b	15	6.2	4.48	3.52	3.39	2.67	2.71	
Lr/Li								
I3b	1	0.431	0.307	0.257	0.217	0.163	0.205	0.075
II1a	1	0.387	0.296	0.212	0.211	0.223	0.214	0.128
II1b	1	0.421	0.314	0.212	0.185			0.121
III8b	1	0.413	0.299	0.235	0.226	0.178	0.181	
X	1	0.422	0.303	0.246	0.221	0.171	0.193	0.098

Suelo negro (Peso en gramos)								
Días	0	8	20	48	65	121	175	314
Años	0	0.02	0.05	0.131	0.178	0.33	0.47	0.86
II5a	15	5.03	3.67	2.45		1.83		1.7
III5a	15	4.87	2.93		2.83		3.01	1.58
III5b	15	5.01	3.6		3.39	2.93	2.65	1.68
Lr/Li								
II5a	1	0.335	0.245	0.163		0.122		0.113
III5a	1	0.325	0.195		0.189		0.201	0.105
III5b	1	0.334	0.24		0.226	0.195	0.177	0.112
X	1	0.335	0.242	0.163	0.226	0.159	0.177	0.113

DATOS DE LA FAUNA (densidad y biomasa)

File F1COV2 1/30/98

row	clave	trata	color	pedreg	rocosid	Lomdensid	GVdensid	GMdensid
1	I1aa	H	5.	4	1	52	380	52
2	I1bb	H	5.	2	1	168	168	132
3	I1b	H	5.	2	1	168	168	128
4	I1a	H	5.	4	1	56	376	56
5	I9a	H	8.	6	1	20	324	48
6	I9a'	H	8.	6	1	116	8	108
7	II4a	H	5.	1	3	40	228	192
8	II4a'	H	5.	1	3	32	48	44
9	II4b	H	5.	1	1	52	140	52
10	II4b'	H	5.	1	1	56	44	220
11	II7a	H	8.	2	1	52	1232	156
12	II7a'	H	8.	2	1	12	188	72
13	III4a	H	8.	2	5	16	4	64
14	III4a'	H	8.	2	5	12	8	116
15	III9a	H	8.	8	1	0	0	176
16	III9a'	H	8.	8	1	0	8	100
17	III9b	H	8.	8	1	0	0	96
18	III9b'	H	8.	8	1	0	0	0
19	I3a	LEU	5.	3	2	100	192	32
20	I3a'	LEU	5.	3	2	104	148	32
21	I3b	LEU	8.	3	1	44	16	40
22	I3b'	LEU	8.	3	1	88	156	36
23	I4a	LEU	5.	6	1	88	8	32
24	I4a'	LEU	5.	6	1	52	0	0
25	II1a	LEU	8.	4	1	20	80	32
26	II1a'	LEU	8.	4	1	4	16	84
27	II1b	LEU	8.	5	1	56	16	32
28	II1b'	LEU	8.	5	1	12	8	32
29	II5a	LEU	10.	2	7	48	32	96
30	II5a'	LEU	10.	2	7	116	112	200
31	III5a	LEU	10.	4	2	8	8	36
32	III5a'	LEU	10.	4	2	12	40	40
33	III5b	LEU	10.	7	2	36	4	56
34	III5b'	LEU	10.	7	2	16	4	24
35	III8b	LEU	8.	6	1	4	0	8
36	III8b'	LEU	8.	6	1	24	4	140
37	I4b	LYS	8.	4	5	24	336	8
38	I4b'	LYS	8.	4	5	16	72	68
39	I8a	LYS	5.	4	1	56	408	40
40	I8a'	LYS	5.	4	1	28	36	40
41	I8b	LYS	8.	5	1	12	0	4
42	I8b'	LYS	8.	5	1	20	8	48
43	II5b	LYS	8.	1	5	20	12	60
44	II5b'	LYS	8.	1	5	28	36	76
45	II9a	LYS	8.	7	1	40	0	24
46	II9a'	LYS	8.	7	1	52	32	28
47	II9b	LYS	8.	6	1	24	4	72
48	II9b'	LYS	8.	6	1	16	84	240
49	III1a	LYS	8.	5	1	12	0	44
50	III1a'	LYS	8.	5	1	8	0	48
51	III1b	LYS	8.	4	1	80	0	56
52	III1b'	LYS	8.	4	1	52	0	36
53	III8a	LYS	8.	6	1	4	24	100
54	III8a'	LYS	8.	6	1	8	8	60

row clave	trata	color	pedreg	rocosid	Lomdensid	GVdensid	GMdensid
55 I6a	DM	8.	6	1	112	164	52
56 I6a'	DM	8.	6	1	96	4	84
57 I9b	DM	8.	7	2	56	16	56
58 I9b'	DM	8.	7	2	0	0	0
59 II7b	DM	8.	2	1	12	100	68
60 II7b'	DM	8.	2	1	24	60	44
61 II8a	DM	8.	7	1	28	56	56
62 II8a'	DM	8.	7	1	12	28	80
63 III4b	DM	8.	6	1	12	4	40
64 III4b'	DM	8.	6	1	12	4	32
65 III7b	DM	10.	6	2	24	8	64
66 III7b'	DM	10.	6	2	4	12	40

File F2COV2 1/30/98

row CLAVE	TRATA	COLOR	PIEDRAS	ROCAS	Lomdensid	GVdensid	GMdensid
1 I1b'	H	5.	2	1	64	20	200
2 I1b	H	5.	2	1	68	28	392
3 I1a	H	5.	4	1	76	16	184
4 I1a'	H	5.	4	1	36	4	76
5 II4a	H	5.	1	3	44	40	128
6 II4a'	H	5.	1	3	0	72	724
7 II4b	H	5.	1	1	20	8	164
8 II4b'	H	5.	1	1	80	16	136
9 I9a	H	8.	6	1	64	16	284
10 I9a'	H	8.	6	1	0	0	0
11 II7a	H	8.	2	1	76	60	276
12 II7a'	H	8.	2	1	84	108	180
13 III4a	H	8.	2	5	12	4	156
14 III4a'	H	8.	2	5	0	0	144
15 III9a	H	8.	8	1	0	4	36
16 III9a'	H	8.	8	1	124	12	232
17 III9b	H	8.	8	1	8	0	0
18 III9b'	H	8.	8	1	4	0	356
19 I3a	LEU	5.	3	2	76	4	12
20 I3a'	LEU	5.	3	2	56	160	948
21 I4a	LEU	5.	6	1	12	20	140
22 I4a'	LEU	5.	6	1	4	64	172
23 I3b	LEU	8.	3	1	56	16	56
24 I3b'	LEU	8.	3	1	124	112	300
25 II1a	LEU	8.	4	1	84	32	164
26 II1a'	LEU	8.	4	1	44	20	140
27 II1b	LEU	8.	5	1	60	8	260
28 II1b'	LEU	8.	5	1	32	8	156
29 III8b	LEU	8.	6	1	0	4	52
30 III8b'	LEU	8.	6	1	20	0	92
31 II5a	LEU	10.	2	7	32	16	112
32 II5a'	LEU	10.	2	7	4	8	104
33 III5a	LEU	10.	4	2	0	16	400
34 III5a'	LEU	10.	4	2	12	4	312
35 III5b	LEU	10.	7	2	4	0	72
36 III5b'	LEU	10.	7	2	0	4	44
37 I8a	LYS	5.	4	1	96	44	144
38 I8a'	LYS	5.	4	1	68	64	128
39 I4b	LYS	8.	4	5	0	340	32
40 I4b'	LYS	8.	4	5	4	68	216
41 I8b	LYS	8.	5	1	20	32	140
42 I8b'	LYS	8.	5	1	24	64	228

43	II5b	LYS	8.	1	5	0	4	136
44	II5b'	LYS	8.	1	5	32	72	88
45	II9a	LYS	8.	7	1	0	0	24
46	II9a'	LYS	8.	7	1	4	0	20
47	II9b	LYS	8.	6	1	24	8	52
48	II9b'	LYS	8.	6	1	12	4	32
49	III8a	LYS	8.	6	1	12	16	132
50	III8a'	LYS	8.	6	1	8	4	232
51	III1a	LYS	8.	5	1	124	16	80
52	III1a'	LYS	8.	5	1	0	4	60
53	III1b	LYS	8.	4	1	24	4	76
54	III1b'	LYS	8.	4	1	16	0	20
55	I6a	DM	8.	6	1	24	24	244
56	I6a'	DM	8.	6	1	40	8	176
57	I9b	DM	8.	7	2	28	4	56

File F2COV2 1/30/98

row	CLAVE	TRATA	COLOR	PIEDRAS	ROCAS	Lomdensid	GVdensid	GMdensid
58	I9b'	DM	8.	7	2	4	4	28
59	II7b	DM	8.	2	1	80	92	100
60	II7b'	DM	8.	2	1	32	16	40
61	II8a	DM	8.	7	1	28	52	480
62	II8a'	DM	8.	7	1	8	4	340
63	III4b	DM	8.	2	5	12	16	76
64	III4b'	DM	8.	2	5	24	8	284
65	III7b	DM	10.	6	2	28	52	108
66	III7b'	DM	10.	6	2	16	4	232

row	CLAVE	TRAT	COLOR	pedreg	Rocosid	GVdensid	GMdensid
1	II4a	H	5.	1	3	32	288
2	II4a'	H	5.	1	3	36	180
3	I1a	H	5.	4	1	0	16
4	I1a'	H	5.	4	1	0	40
5	I1b	H	5.	2	1	4	180
6	I1b'	H	5.	2	1	28	180
7	II4b	H	5.	1	1	32	456
8	II4b'	H	5.	1	1	56	224
9	I9a	H	8.	6	1	8	264
10	I9a'	H	8.	6	1	12	292
11	II7a	H	8.	2	1	116	144
12	II7a'	H	8.	2	1	32	172
13	III4a	H	8.	2	5	0	116
14	III4a'	H	8.	2	5	4	88
15	III9a	H	8.	8	1	0	216
16	III9a'	H	8.	8	1	0	240
17	III9b	H	8.	8	1	4	144
18	III9b'	H	8.	8	1	0	80
19	I3a	LEU	5.	3	2	32	388
20	I3a'	LEU	5.	3	2	4	356
21	I4a	LEU	5.	6	1	16	216
22	I4a'	LEU	5.	6	1	68	132
23	I3b	LEU	8.	3	1	0	120
24	I3b'	LEU	8.	3	1	100	116
25	IIIa	LEU	8.	4	1	0	176
26	IIIa'	LEU	8.	4	1	0	248
27	IIIb	LEU	8.	5	1	0	308
28	IIIb'	LEU	8.	5	1	4	264
29	III8b	LEU	8.	6	1	0	84
30	III8b'	LEU	8.	6	1	0	40
31	II5a	LEU	10.	2	7	16	280
32	II5a'	LEU	10.	2	7	24	156
33	III5a	LEU	10.	4	2	0	140
34	III5a'	LEU	10.	4	2	0	36
35	III5b	LEU	10.	7	2	0	52
36	III5b'	LEU	10.	7	2	0	72
37	I8a	LYS	5.	4	1	236	228
38	I8a'	LYS	5.	4	1	60	228
39	I4b	LYS	8.	4	5	4	224
40	I4b'	LYS	8.	4	5	4	116
41	I8b	LYS	8.	5	1	16	176
42	I8b'	LYS	8.	5	1	20	336
43	II5b	LYS	8.	1	5	20	236
44	II5b'	LYS	8.	1	5	4	328
45	II9a	LYS	8.	7	1	0	84
46	II9a'	LYS	8.	7	1	0	36
47	II9b	LYS	8.	6	1	0	52
48	II9b'	LYS	8.	6	1	0	176
49	III1a	LYS	8.	5	1	0	40
50	III1a'	LYS	8.	5	1	0	20
51	III1b	LYS	8.	4	1	0	64
52	III1b'	LYS	8.	4	1	0	40
53	III8a	LYS	8.	6	1	0	52
54	III8a'	LYS	8.	6	1	4	36
55	I6a	DM	8.	6	1	8	84
56	I6a'	DM	8.	6	1	36	160
57	I9b	DM	8.	7	2	0	100

File F3COV2 1/30/98

row	CLAVE	TRAT	COLOR	pedreg	Rocosid	GVdensid	GMDensid
58	I9b'	DM	8.	7	2	0	164
59	II7b	DM	8.	2	1	4	68
60	II7b'	DM	8.	2	1	108	76
61	II8a	DM	8.	7	1	12	288
62	II8a'	DM	8.	7	1	4	296
63	III4b	DM	8.	6	1	0	40
64	III4b'	DM	8.	6	1	0	44
65	III7b	DM	10.	6	2	0	60
66	III7b'	DM	10.	6	2	8	76

File FB1COV 1/30/98

row	clave	tratam	color	pedreg	rocosid	LomBm2	GVBM2	GMBM2
1	I1b	H	5.	2	1	6.68	11.46	3.20
2	I1bb	H	5.	2	1	6.68	11.46	3.20
3	I1a	H	5.	4	1	11.16	11.85	3.23
4	I1aa	H	5.	4	1	11.16	11.85	3.23
5	I9a	H	8.	6	1	5.32	10.64	3.96
6	I9a'	H	8.	6	1	27.64	0.40	6.00
7	II4a	H	5.	1	3		5.28	9.64
8	II4a'	H	5.	1	3		1.84	2.00
9	II4b	H	5.	1	1		4.72	2.44
10	II4b'	H	5.	1	1		1.72	9.52
11	II7a	H	8.	2	1		42.28	6.72
12	II7a'	H	8.	2	1	0.08	5.88	2.84
13	III4a	H	8.	2	5	2.32	0.12	1.84
14	III4a'	H	8.	2	5	1.96	0.28	5.24
15	III9a	H	8.	8	1	0.00	0.00	11.24
16	III9a'	H	8.	8	1	0.00	0.36	5.04
17	III9b	H	8.	8	1	0.00	0.00	3.40
18	III9b'	H	8.	8	1	0.00	0.00	0.00



row	clave	trat	color	pedreg	rocosid	LomBm2	GVBm2	GMBm2
1	I1b	H	5.	2	1	1.44	0.2276	9.488
2	I1b'	H	5.	2	1	0.84	2.3508	0.261
3	I9a	H	5.	6	1		1.3892	12.424
4	I1a	H	5.	4	1	5.12	0.3864	2.421
5	I1a'	H	5.	4	1	0.84	0.2612	2.351
6	II4a	H	5.	1	3	1.28	1.3300	5.798
7	II4a'	H	5.	1	3	0.00	1.9184	27.394
8	II4b	H	5.	1	1	0.12	0.2848	8.255
9	II4b'	H	5.	1	1	0.32	0.4228	6.218
10	I9a'	H	8.	6	1	0.00	0.0000	0.000
11	II7a	H	8.	2	1	0.68	4.5892	9.610
12	II7a'	H	8.	2	1	0.80	1.7476	4.554
13	III4a	H	8.	2	5	0.20	0.1108	7.397
14	III4a'	H	8.	2	5	0.00	0.0000	5.612
15	III9a	H	8.	8	1	0.00	0.5452	2.083
16	III9a'	H	8.	8	1	2.08	0.1904	9.168
17	III9b	H	8.	8	1	0.04	0.0000	0.000
18	III9b'	H	8.	8	1	0.28	0.0000	18.347
19	I3a	LEU	5.	3	2	3.72	2.1396	0.287
20	I3a'	LEU	5.	3	2	3.48	7.4352	55.814
21	I4a	LEU	5.	6	1	0.08	0.5012	7.734
22	I4a'	LEU	5.	6	1	0.16	1.6940	8.096
23	I3b	LEU	8.	3	1	2.12	0.1832	2.690
24	I3b'	LEU	8.	3	1	7.44	2.6596	11.383
25	III1a	LEU	8.	4	1	1.88	0.7424	5.486
26	III1a'	LEU	8.	4	1	1.16	0.8348	6.301
27	III1b	LEU	8.	5	1	1.48	0.3184	8.371
28	III1b'	LEU	8.	5	1	0.00	0.2252	5.982
29	III8b	LEU	8.	6	1	0.00	0.0828	1.596
30	III8b'	LEU	8.	6	1	0.04	0.0000	3.471
31	II5a	LEU	10.	2	7	0.24	0.7640	4.186
32	II5a'	LEU	10.	2	7	0.03	0.8000	6.760
33	III5a	LEU	10.	4	2	0.00	0.4568	12.583
34	III5a'	LEU	10.	4	2	0.40	0.1444	9.949
35	III5b	LEU	10.	7	2	0.02	0.0000	2.655
36	III5b'	LEU	10.	7	2	0.00	0.0908	3.177
37	I8a	LYS	5.	4	1	9.60	0.9220	5.580
38	I8a'	LYS	5.	4	1	4.08	1.4464	5.242
39	I4b	LYS	8.	4	5	0.00	7.5144	2.614
40	I4b'	LYS	8.	4	5	0.15	2.0508	8.118
41	I8b	LYS	8.	5	1	0.64	1.5116	4.897
42	I8b'	LYS	8.	5	1	2.20	1.3400	5.547
43	II5b	LYS	8.	1	5	0.00	0.0672	5.951
44	II5b'	LYS	8.	1	5	0.32	6.3308	2.801
45	II9a	LYS	8.	7	1	0.00	0.0000	1.402
46	II9a'	LYS	8.	7	1	0.00	0.0000	0.466
47	II9b	LYS	8.	6	1	0.68	0.1376	2.488
48	II9b'	LYS	8.	6	1	0.03	0.1992	0.982
49	III8a	LYS	8.	6	1	0.52	0.2372	4.156
50	III8a'	LYS	8.	6	1	0.04	0.2848	14.795
51	III1a	LYS	8.	5	1	1.64	0.0800	2.948
52	III1a'	LYS	8.	5	1	0.00	1.9012	1.872
53	III1b	LYS	8.	4	1	0.60	0.1000	2.191
54	III1b'	LYS	8.	4	1	16.04	0.0000	0.620
55	I6a	DM	8.	6	1	1.12	0.2800	6.079
56	I6a'	DM	8.	6	1	2.68	0.4044	6.494
57	I9b	DM	8.	7	2	2.36	1.5280	2.770
58	I9b'	DM	8.	7	2	0.38	0.2400	1.431



File FB2COV 1/30/98

row	clave	trat	color	pedreg	rocosid	LomBm2	GVBm2	GMBm2
59	II7b	DM	8.	2	1	0.64	4.6092	4.691
60	II7b'	DM	8.	2	1	0.32	0.8524	2.615
61	II8a	DM	8.	7	1	0.28	0.5412	12.986
62	II8a'	DM	8.	7	1	0.32	0.0184	12.790
63	III4b	DM	8.	2	5	0.16	0.5868	2.560
64	III4b'	DM	8.	2	5	1.40	0.5444	17.480
65	III7b	DM	10.	6	2	1.92	0.6020	4.007
66	III7b'	DM	10.	6	2	0.04	0.0220	4.475

File FB3COV 1/30/98

row	CLAVE	TRATAM	COLOR	PIEDR	ROCAS	GVBm2	GMBm2
1	II4a	H	5.	1	3	0.498	8.5288
2	II4a'	H	5.	1	3	0.909	6.2572
3	I1a	H	5.	4	1	0.000	1.3728
4	I1a'	H	5.	4	1	0.285	2.0892
5	I1b	H	5.	2	1	0.080	8.0464
6	I1b'	H	5.	2	1	0.660	5.3528
7	II4b	H	5.	1	1	0.991	12.9780
8	II4b'	H	5.	1	1	0.821	6.7144
9	I9a	H	8.	6	1	0.149	6.5116
10	I9a'	H	8.	6	1	0.176	6.9796
11	II7a	H	8.	2	1	3.287	4.7624
12	II7a'	H	8.	2	1	0.470	3.0744
13	III4a	H	8.	2	5	0.000	3.8724
14	III4a'	H	8.	2	5	0.061	3.6896
15	III9a	H	8.	8	1	0.000	7.7224
16	III9a'	H	8.	8	1	0.000	9.8532
17	III9b	H	8.	8	1	0.420	6.1324
18	III9b'	H	8.	8	1	0.000	4.1416
19	I3a	LEU	5.	3	2	0.784	15.5336
20	I3a'	LEU	5.	3	2	0.153	8.8824
21	I4a	LEU	5.	6	1	0.288	9.7476
22	I4a'	LEU	5.	6	1	1.128	5.2068
23	I3b	LEU	8.	3	1	0.000	3.2484
24	I3b'	LEU	8.	3	1	2.818	3.6688
25	II1a	LEU	8.	4	1	0.000	7.3820
26	II1a'	LEU	8.	4	1	0.000	9.9756
27	II1b	LEU	8.	5	1	0.000	13.0372
28	II1b'	LEU	8.	5	1	0.089	7.9680
29	III8b	LEU	8.	6	1	0.000	5.5028
30	III8b'	LEU	8.	6	1	0.000	1.1424
31	II5a	LEU	10.	2	7	0.498	15.3932
32	II5a'	LEU	10.	2	7	0.746	2.6676
33	III5a	LEU	10.	4	2	0.000	3.2580
34	III5a'	LEU	10.	4	2	0.000	1.1052
35	III5b	LEU	10.	7	2	0.000	1.1132
36	III5b'	LEU	10.	7	2	0.000	3.9472
37	I8a	LYS	5.	4	1	4.022	7.2716
38	I8a'	LYS	5.	4	1	1.198	6.4592
39	I4b	LYS	8.	4	5	0.084	6.4304
40	I4b'	LYS	8.	4	5	0.189	2.7340
41	I8b	LYS	8.	5	1	0.214	3.4440
42	I8b'	LYS	8.	5	1	0.550	6.4780
43	II5b	LYS	8.	1	5	0.652	6.7540
44	II5b'	LYS	8.	1	5	0.060	8.9120
45	II9a	LYS	8.	7	1	0.000	3.5120
46	II9a'	LYS	8.	7	1	0.000	1.1408
47	II9b	LYS	8.	6	1	0.000	2.3468
48	II9b'	LYS	8.	6	1	0.000	8.3188
49	III1a	LYS	8.	5	1	0.000	1.4296
50	III1a'	LYS	8.	5	1	0.000	0.6924
51	III1b	LYS	8.	4	1	0.000	2.5696
52	III1b'	LYS	8.	4	1	0.000	2.1748
53	III8a	LYS	8.	6	1	0.000	1.3944
54	III8a'	LYS	8.	6	1	0.089	1.8884

55 I6a	DM	8.	6	1	0.098	2.6484
56 I6a'	DM	8.	6	1	1.168	5.1700
57 I9b	DM	8.	7	2	0.000	5.4260

File FB3COV 1/30/98

row	CLAVE	TRATAM	COLOR	PIEDR	ROCAS	GVBm2	GMBm2
58	I9b'	DM	8.	7	2	0.000	6.4956
59	II7b	DM	8.	2	1	0.091	2.5884
60	II7b'	DM	8.	2	1	1.722	4.0264
61	II8a	DM	8.	7	1	0.288	5.3932
62	II8a'	DM	8.	7	1	0.180	7.3860
63	III4b	DM	8.	6	1	0.000	1.8220
64	III4b'	DM	8.	6	1	0.000	1.4788
65	III7b	DM	10.	6	2	0.000	1.4180
66	III7b'	DM	10.	6	2	0.104	1.3344
67							
68							
69							
70							
71							
72							

ANALISIS DE VARIANZA

Multiple range analysis for LOG10(F1COV2.Lomdensid+1) by F1COV2.trat:

Method: 95 Percent LSD

Level	Count	LS Mean	Homogeneous Groups
H	18	1.0877087	X
LYS	18	1.3637554	XX
DM	12	1.4712579	X
LEU	18	1.5472028	X

contrast	difference	+/-	limits
H - LEU	-0.45949		0.33477 *
H - LYS	-0.27605		0.32189
H - DM	-0.38355		0.38335 *
LEU - LYS	0.18345		0.31679
LEU - DM	0.07594		0.35556
LYS - DM	-0.10750		0.35938

\* denotes a statistically significant difference.

Multiple range analysis for LOG10(F2COV2.Lomdensid+1) by F2COV2.TRAT?

Method: 95 Percent LSD

Level	Count	LS Mean	Homogeneous Groups
H	18	1.0696473	X
LYS	18	1.0777526	X
LEU	18	1.2483972	X
DM	12	1.4911777	X

contrast	difference	+/-	limits
H - LEU	-0.17875		0.41537
H - LYS	-0.00811		0.39948
H - DM	-0.42153		0.46559
LEU - LYS	0.17064		0.39328
LEU - DM	-0.24278		0.43375
LYS - DM	-0.41343		0.43837

\* denotes a statistically significant difference.

Multiple range analysis for LOG10(F1COV2.GVdensid+1) by F1COV2.TR

Method: 95 Percent LSD

Level	Count	LS Mean	Homogeneous Groups
LYS	18	1.0582528	X
LEU	18	1.2743164	X
H	18	1.3644084	X
DM	12	1.5072253	X

contrast	difference	+/-	limits
H - LEU	0.09009		0.51770
H - LYS	0.30616		0.49779
H - DM	-0.14282		0.59282
LEU - LYS	0.21606		0.48990
LEU - DM	-0.23291		0.54986
LYS - DM	-0.44897		0.55576

\* denotes a statistically significant difference.

Multiple range analysis for LOG10(F2COV2.GVdensid+1) by F2COV2.TR

Method: 95 Percent LSD

Level	Count	LS Mean	Homogeneous Groups
H	18	.8188007	X
LYS	18	1.1351193	XX
LEU	18	1.1438244	XX
DM	12	1.3074129	X

contrast	difference	+/-	limits
H - LEU	-0.32502		0.40329
H - LYS	-0.31632		0.38786
H - DM	-0.48861		0.45204 *
LEU - LYS	0.00871		0.38184
LEU - DM	-0.16359		0.42113
LYS - DM	-0.17229		0.42562

\* denotes a statistically significant difference.

Multiple range analysis for LOG10(F3COV2.GVdensid+1) by F3COV2.TR

Method: 95 Percent LSD

Level	Count	LS Mean	Homogeneous Groups
LYS	18	.6093258	X
H	18	.6189356	X
LEU	18	.6493544	X
DM	12	.9377931	X

contrast	difference	+/-	limits
H - LEU	-0.03042		0.44819
H - LYS	0.00961		0.43096
H - DM	-0.31886		0.51323
LEU - LYS	0.04003		0.42413
LEU - DM	-0.28844		0.47603
LYS - DM	-0.32847		0.48114

\* denotes a statistically significant difference.

Multiple range analysis for LOG10(F1COV2.GMdensid+1) by F1COV2.trat

Method: 95 Percent LSD

Level	Count	LS Mean	Homogeneous Groups
LEU	18	1.5009493	X
DM	12	1.6142080	XX
LYS	18	1.6681380	XX
H	18	1.8850076	X

contrast	difference	+/-	limits
H - LEU	0.38406		0.32370 *
H - LYS	0.21687		0.31125
H - DM	0.27080		0.37067
LEU - LYS	-0.16719		0.30632
LEU - DM	-0.11326		0.34380
LYS - DM	0.05393		0.34749

\* denotes a statistically significant difference.

Multiple range analysis for LOG10(F2COV2.GMdensid+1) by F2COV2.TRAT

Method: 95 Percent LSD

Level	Count	LS Mean	Homogeneous Groups
LYS	18	1.9119148	X
H	18	1.9475004	X
LEU	18	2.1294098	X
DM	12	2.1803962	X

contrast	difference	+/-	limits
H - LEU	-0.18191		0.36985
H - LYS	0.03559		0.35569
H - DM	-0.23290		0.41455
LEU - LYS	0.21750		0.35017
LEU - DM	-0.05099		0.38621
LYS - DM	-0.26848		0.39032

\* denotes a statistically significant difference.

Multiple range analysis for LOG10(F3COV2.GMdensid+1) by F3COV2.TRAT

Method: 95 Percent LSD

Level	Count	LS Mean	Homogeneous Groups
LYS	18	1.9834882	X
DM	12	2.0803751	X
H	18	2.1067997	X
LEU	18	2.1824231	X

contrast	difference	+/-	limits
H - LEU	-0.07562		0.23023
H - LYS	0.12331		0.22138
H - DM	0.02642		0.26364
LEU - LYS	0.19893		0.21787
LEU - DM	0.10205		0.24453
LYS - DM	-0.09689		0.24716

\* denotes a statistically significant difference.

Multiple range analysis for LOG10(FB1COV.LomBm2+1) by FB1COV.tratar

Method: 95 Percent LSD

Level	Count	LS Mean	Homogeneous Groups
LYS	12	.3997066	X
H	13	.4441852	XX
DM	9	.6034647	XX
LEU	16	.7194561	X

contrast	difference	+/-	limits
H - LEU	-0.27527		0.30038
H - LYS	0.04448		0.31997
H - DM	-0.15928		0.36108
LEU - LYS	0.31975		0.30187 *
LEU - DM	0.11599		0.33324
LYS - DM	-0.20376		0.35878

\* denotes a statistically significant difference.

Multiple range analysis for LOG10(FB2COV.LomBm2+1) by FB2COV.trat

Method: 95 Percent LSD

Level	Count	LS Mean	Homogeneous Groups
H	17	.1189937	X
LEU	18	.2714347	X
LYS	18	.2799533	X
DM	12	.3113095	X

contrast	difference	+/-	limits
H - LEU	-0.15244		0.19142
H - LYS	-0.16096		0.18403
H - DM	-0.19232		0.21412
LEU - LYS	-0.00852		0.17754
LEU - DM	-0.03987		0.19581
LYS - DM	-0.03136		0.19793

\* denotes a statistically significant difference.

Multiple range analysis for LOG10(FB1COV.GVBm2+1) by FB1COV.tratar

Method: 95 Percent LSD

Level	Count	LS Mean	Homogeneous Groups
LYS	18	.3078139	X
LEU	18	.3079153	X
DM	11	.3955090	X
H	18	.5054893	X

contrast	difference	+/-	limits
H - LEU	0.19757		0.26328
H - LYS	0.19768		0.25313
H - DM	0.10998		0.30890
LEU - LYS	0.00010		0.24920
LEU - DM	-0.08759		0.28658
LYS - DM	-0.08770		0.29108

\* denotes a statistically significant difference.

Multiple range analysis for LOG10(FB2COV.GVBm2+1) by FB2COV.trat

Method: 95 Percent LSD

Level	Count	LS Mean	Homogeneous Groups
H	18	.1423383	X
LEU	18	.2583510	X
LYS	18	.2648568	X
DM	12	.2676179	X

contrast	difference	+/-	limits
H - LEU	-0.11601		0.15821
H - LYS	-0.12252		0.15122
H - DM	-0.12528		0.17694
LEU - LYS	-0.00651		0.14754
LEU - DM	-0.00927		0.16284
LYS - DM	-0.00276		0.16458

\* denotes a statistically significant difference.

Multiple range analysis for LOG10(FB3COV.GVBm2+1) by FB3COV.TRATAI

Method: 95 Percent LSD

Level	Count	LS Mean	Homogeneous Groups
H	18	.0902096	X
LYS	18	.0991218	X
LEU	18	.1115953	X
DM	12	.1366851	X

contrast	difference	+/-	limits
H - LEU	-0.02139		0.10576
H - LYS	-0.00891		0.10170
H - DM	-0.04648		0.12111
LEU - LYS	0.01247		0.10008
LEU - DM	-0.02509		0.11233
LYS - DM	-0.03756		0.11354

\* denotes a statistically significant difference.



Multiple range analysis for LOG10(FB1COV.GMBm2+1) by FB1COV.tratar

Method: 95 Percent LSD

Level	Count	LS Mean	Homogeneous Groups
LEU	18	.4590755	X
LYS	18	.4821295	X
DM	11	.5755557	XX
H	18	.6905112	X

contrast	difference	+/-	limits
H - LEU	0.23144		0.16553 *
H - LYS	0.20838		0.15915 *
H - DM	0.11496		0.19422
LEU - LYS	-0.02305		0.15668
LEU - DM	-0.11648		0.18018
LYS - DM	-0.09343		0.18301

\* denotes a statistically significant difference.

Multiple range analysis for LOG10(FB2COV.GMBm2+1) by FB2COV.trat

Method: 95 Percent LSD

Level	Count	LS Mean	Homogeneous Groups
LYS	18	.6263750	X
H	18	.7184959	X
DM	12	.8282400	X
LEU	18	.8476434	X

contrast	difference	+/-	limits
H - LEU	-0.12915		0.24414
H - LYS	0.09212		0.23336
H - DM	-0.10974		0.27304
LEU - LYS	0.22127		0.22768
LEU - DM	0.01940		0.25129
LYS - DM	-0.20186		0.25397

\* denotes a statistically significant difference.

Multiple range analysis for LOG10(FB3COV.GMBm2+1) by FB3COV.TRATAM

Method: 95 Percent LSD

Level	Count	LS Mean	Homogeneous Groups
LYS	18	.6329881	X
DM	12	.7012042	XX
H	18	.7427340	XX
LEU	18	.8280974	X

contrast	difference	+/-	limits
H - LEU	-0.08536		0.15730
H - LYS	0.10975		0.15125
H - DM	0.04153		0.18012
LEU - LYS	0.19511		0.14885 *
LEU - DM	0.12689		0.16707
LYS - DM	-0.06822		0.16886

\* denotes a statistically significant difference.