

Universidad Nacional Agraria

Facultad de Recursos Naturales y del Ambiente



## TRABAJO DE DIPLOMA

**Monitoreo del Proceso de Mineralización de Cuatro Especies Leguminosas Arbóreas: *Phiticeleobium sama* (Jacq.), *Enterolobium ciclocarpum* (Jacq.), *Gliricidia sepium* (Jacq.), *Platimisiun pennatum* (Jacq.), para ser utilizadas como Abono Verde en el Municipio de San Dionisio, Matagalpa**

**AUTOR**

**Br. Sergio salinas Espinoza**

**ASESOR**

**Ing. M.Sc Leonardo García Centeno**

**Managua, Nicaragua. 2000**

## **DEDICATORIA**

**A Dios, por ser el ser supremo de todo el universo y por darme su protección y guía.**

**A mi hijo Sergio Manuel Salinas Salinas**

## **AGRADECIMIENTO**

A **Dios** por darme fuerza para salir adelante, en todo el tiempo de mi vida.

A mi madre: **Modesta Espinoza Jalinás**, por inducirme por el camino del respeto, el trabajo y la superación.

A mi esposa **Norma Salinas Hernández** por darme comprensión, apoyo moral y económico.

A mis **hermanos y sobrinos**.

Al **Ing. Leonardo García** por su apoyo y asesoramiento durante la realización de este trabajo.

Al proyecto **CIAT - LADERA** por financiar este trabajo de tesis.

A todas las personas que contribuyeron de una u otra forma para realizar este trabajo de tesis

A la **Universidad Nacional Agraria**.

## **RESUMEN**

El presente trabajo de diploma se realizó (28-06-98 hasta 20-10-99) en la finca “El Nido”, en la comunidad de San Galletano municipio de San Dionisio departamento de Matagalpa, Nicaragua. El propósito del estudio fue identificar nuevas alternativa tecnológica que ayuden a los agricultores a obtener mejores cosechas con bajos costo utilizando especies arbóreas como el genízaro, guanacaste, granadillo y madero negro como fertilizante orgánico. El período de descomposición de las especies en estudio presentaron diferentes velocidades de degradación, el madero negro necesitó de 8 semanas para su total degradación, seguido por la especie guanacaste con 9 semanas. El granadillo que necesitó 15 semanas para degradarse totalmente y finalmente el genízaro que no se degrada totalmente quedando el 20% de su material seca, alas 16 semanas, esta es la especie que requiere de más tiempo para su degradación total. La especie del madero negro es la que libera más nitrógeno acumulado en las primeras 8 semanas, siendo del 93 %, seguido por la especie del guanacaste con el 89 % a las mismas 8 semanas, las especie del granadillo y genízaro solo habían liberado al final del estudio cerca del 85 % del nitrógeno que contenían, necesitando más de 16 semanas para liberar la totalidad del nitrógeno.

## INDICE GENERAL

<b>CONTENIDO</b>	<b>PAGINA</b>
<b>Dedicatoria</b>	<b>i</b>
<b>Agradecimiento</b>	<b>ii</b>
<b>Resumen</b>	<b>iii</b>
<b>Indice general</b>	<b>iv</b>
<b>Indice de cuadros</b>	<b>vii</b>
<b>Indice de figuras</b>	<b>viii</b>
<b>Indice de anexos</b>	<b>ix</b>
<b>I INTRODUCCION</b>	<b>1</b>
<b>OBJETIVOS</b>	<b>3</b>
<b>Objetivos general</b>	<b>3</b>
<b>Objetivos especifico</b>	<b>3</b>
<b>II REVISION DE LITERATURA</b>	<b>4</b>
<b>2.1 Descomposición del material vegetal</b>	<b>4</b>
<b>2.1.1 Efecto de temperatura y precipitación en la descomposición</b>	<b>5</b>
<b>2.1.2 Influencia de la relación C/N en la descomposición</b>	<b>6</b>
<b>2.1.3 Efecto de los microorganismos en la descomposición</b>	<b>7</b>
<b>2.1.4 Influencia de la edad de las especies en la descomposición</b>	<b>7</b>

<b>2.2</b>	<b>Los abonos verdes</b>	<b>8</b>
<b>2.2.1</b>	<b>Características deseables de los abonos verdes</b>	<b>8</b>
<b>2.2.2</b>	<b>Ventajas del abono verde</b>	<b>8</b>
<b>2.2.3</b>	<b>Desventajas</b>	<b>9</b>
<b>2.3</b>	<b>Materia orgánica</b>	<b>10</b>
<b>2.3.1</b>	<b>Contenido de la materia orgánica en el suelo</b>	<b>10</b>
<b>2.3.2</b>	<b>Factores influyentes en materia en los contenido de orgánica del suelo</b>	<b>11</b>
<b>2.3.3</b>	<b>Regulación de la materia orgánica en el suelo</b>	<b>11</b>
<b>2.4</b>	<b>El nitrógeno</b>	<b>12</b>
<b>2.4.1</b>	<b>El nitrógeno del suelo</b>	<b>12</b>
<b>2.4.2</b>	<b>El nitrógeno orgánico</b>	<b>12</b>
<b>2.4.3</b>	<b>El nitrógeno inorgánico</b>	<b>12</b>
<b>2.5</b>	<b>La relación C/N del suelo</b>	<b>13</b>
<b>III</b>	<b>MATERIALES Y METODOS</b>	<b>15</b>
<b>3.1</b>	<b>Ubicación geográfica del área en estudio</b>	<b>15</b>
<b>3.2</b>	<b>Clima</b>	<b>15</b>
<b>3.3</b>	<b>Suelos</b>	<b>16</b>
<b>3.4</b>	<b>Historia agraria del sitio experimental</b>	<b>17</b>
<b>3.5</b>	<b>Recolección del material vegetativo</b>	<b>17</b>
<b>3.6</b>	<b>Construcción de las canastas</b>	<b>18</b>
<b>3.7</b>	<b>Variables medidas</b>	<b>18</b>
<b>3.7.1</b>	<b>Determinación de la velocidad de descomposición de la biomasa incorporada</b>	<b>18</b>
<b>3.7.2</b>	<b>Liberación de nitrógeno procedente en la descomposición de los materiales vegetativos</b>	<b>19</b>

<b>IV RESULTADOS Y DISCUSION</b>	<b>19</b>
<b>4.1 Velocidad de descomposición del material vegetativo</b>	<b>19</b>
<b>4.2 Relación C/N</b>	<b>25</b>
<b>4.3 Liberación de nitrógeno por el material incorporado</b>	<b>28</b>
<b>4.4 Curva de mineralización (liberación) de nitrógeno de las especies en estudio</b>	<b>29</b>
<b>V CONCLUSIONES</b>	<b>32</b>
<b>VI RECOMENDACIONES</b>	<b>33</b>
<b>VII BIBLIOGRAFIA</b>	
<b>VIII ANEXOS</b>	

## INDICE DE CUADROS

CUADRO	PAGINA
1. Análisis químico físico del suelo de la finca El nido de la comunidad San Galletano, municipio San Dionisio, Matagalpa, 1999 donde se realizó el estudio.	17
2. Porcentaje de materia seca, húmeda y edad de las especies en estudio (San Dionisio, Matagalpa, 1999)	22
3. Aporte de nitrógeno liberado (acumulado) al suelo por las cuatro especies de Leguminosas hasta su desaparición del mismo (San Dionisio, Matagalpa, 1999)	29

## INDICE DE FIGURAS

<b>FIGURAS</b>	<b>PAGINA</b>
1. Distribución de la temperatura y la precipitación en la zona de San Dionisio, Matagalpa 1999	16
2. Material degradado (g) de las especies en estudio a través del tiempo. San Dionisio, Matagalpa 1999	20
3. Material degradado en % de las especies en estudio a través del tiempo. San Dionisio, Matagalpa, 1999	21
4. Relación de la precipitación entre la velocidad de descomposición del material incorporado, San Dionisio, Matagalpa, 1999	23
5. Relación entre la temperatura y la velocidad de descomposición del material incorporado. San Dionisio, Matagalpa, 1999	24
6. Variación de la relación carbono- nitrógeno de las especies en el periodo de estudio San Dionisio, Matagalpa, 1999	26
7. Nitrógeno liberado acumulado durante el proceso de descomposición de las especies en estudio San Dionisio, Matagalpa, 1999	30
8. Porcentaje de liberación de nitrógeno aportado durante el proceso de mineralización de las diferentes especies en estudio. San Dionisio, Matagalpa, 1999	31

## INDICE DE ANEXOS

<b>ANEXOS</b>	<b>PAGINA</b>
1. Comportamiento de la temperatura y precipitación en la zona de estudio (San Dionisio, Matagalpa, 1999)	37
2. Material remanente (en g) a través del tiempo de las especies en estudio y su porcentaje degradado (San Dionisio, Matagalpa, 1999)	38
3. Variación de relación carbono/nitrógeno de las diferentes especies en estudio (San Dionisio, Matagalpa, 1999)	39
4. Datos iniciales de porcentaje de carbono, nitrógeno y C/N de las especies, en estudio ( San Dionisio, Matagalpa, 1999 )	40
5. Nitrógeno acumulado liberado durante el proceso de descomposición de las especies en estudio ( San Dionisio, Matagalpa, 1999 )	41
6 Porcentaje ( acumulado ) de liberación de nitrógeno aportado durante el proceso de descomposición de las especies en estudio en la zona de San Dionisio, Matagalpa, 1999	42
7. Descripción de las especies en estudio	43

## I INTRODUCCIÓN

Uno de los mayor problema que enfrentan los agricultores Nicaragüense es el deterioro acelerado del suelo, esto se debe al uso inadecuado del suelo, uso incorrecto de fertilizantes químicos o a la falta de enmiendas orgánicas que mejoren la estructura del suelo. Esto determina que es urgente reenfocar los sistemas de producción agrícola s, con técnicas que aseguran la productividad del suelo a nivel aceptable y constante sin degradarlo.

El uso de los fertilizantes químicos es uno de los principales problema que presenta el suelo, este envenena y acelera la erosión del suelo y además, los costos son demasiados elevados y el campesinado no lo pueden adquirir. Hoy en día la población prefiere más los productos a base de fertilizantes orgánicos que los productos fertilizados basado en químicos, esto debe a que los productos contienen residuos de dichos fertilizantes, lo que trae como consecuencia enfermedades letales como el cáncer.

El abono verde es un medio importante para elevar la riqueza de los suelos de baja fertilidad, por que ocasiona positivas acciones multilaterales sobre las propiedades del suelo y sobre la cosecha de los cultivos agrícolas. Ante todo el abono verde enriquece al suelo de nitrógeno, materia orgánica y otras sustancias nutritivas como el fósforo, potasio y calcio (Yágodin, 1986)

El estudio se fundamentó en especies arbóreas más predominante de la zona de San Dionisio y que estén dentro de las especies de leguminosas ya que estas en sus hojas contienen cantidades considerables de biomasa y nitrógeno, la que proveen beneficios a los suelos, tales como

- Protege la superficie por largo tiempo y controla la erosión, también reduce la velocidad de esorrentía del agua después de las lluvias.
- Es muy efectivo para mantener niveles adecuados de humedad, ya que reduce la evaporación y mejora la infiltración del suelo.

- Regula la temperatura del suelo y facilita la proliferación de microorganismo.
- Mejora las propiedades físicas y químicas del suelo.

Ante esta problemática el presente estudio evaluó elementos básicos sobre la descomposición de las hojarasca de especies arbóreas (Genízaro, Madero Negro, Guanacaste y Granadillo) considerando la velocidad de mineralización, aporte de nitrógeno, tasa de descomposición y el efecto que tienen las condiciones climáticas principalmente temperatura y precipitación.

Al respecto se generaron recomendaciones tendientes a mejorar el manejo y productividad de los suelos en función de las especies arbórea estudiadas, así como criterios sobre la descomposición y mineralización de los residuos vegetales. Para lograr estos resultados se basó en los siguientes objetivos.

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo general**

Monitorear el proceso de mineralización de especies arbóreas potencialmente a ser utilizadas como abono verde y su relación con las condiciones climáticas (humedad y temperatura).

### **Objetivos específicos**

- ✓ Estimar la curva de mineralización de los restos proveniente de las especies arbóreas predominante de San Dionisio.
- ✓ Estimar el período de máxima descomposición y producción de nitrógeno de cada una de las especies en estudio.
- ✓ Relaciona el efecto de la temperatura, humedad, C/N, edad de la planta, calidad del material y microorganismo del suelo sobre el comportamiento de la descomposición y mineralización de los materiales incorporados.

## II REVISION DE LITERATURA

### 2.1 Descomposición del material vegetal

Varios autores han encontrado en estudio de descomposición una pérdida inicial rápida durante las tres a cinco primeras semanas y lenta a continuación (Ewell, 1976; Babbar, 1973; Heulveldop *et al.*, 1975 y 1978; Argüello y Palm, 1978), citado por Sánchez, 981. Por otro lado Singh (1969), Wiergert y Murphy (1970) citado por Sisworo (1990) indican que el porcentaje de pérdida inicial varía dependiendo de la especie.

La principal razón que puede ocasionar la disminución en la velocidad de descomposición es que las sustancias fáciles de degradar se agoten en el sustrato y comiencen a predominar materiales más recalcitrante tale como: celulosa, grasa, tanino y lignina con índices de pérdidas relativamente más bajos (Alexander *et al.*, 1987).

Swift *et al.* (1980), citado por Morales (1987) consideran que además de los factores ambientales, las propiedades físico – químicas del sustrato también regulan los proceso de descomposición del material vegetal. Según Babbar (1983), citado por Primo (1995), las características propias del micro ambiente como aireación, pH, humedad y temperatura del suelo o del mantillo, dependiendo donde se encuentre ubicada la materia orgánica, puede modificar el proceso de descomposición.

Otros autores encontraron que las concentraciones iniciales de nitrógeno, compuestos solubles, concentraciones de lignina y celulosa también pueden inhibir el proceso de descomposición (Witkamp, 1966) citado por Cross (1981).

Se considera que las elevadas concentraciones de nitrógeno y bases aumenta la velocidad de descomposición del restos vegetales ( Domínguez *et al.*, 1988; citado por Sánchez 1981).

Sánchez (1981), señala que las diferencias en la tasa de descomposición de las especies pueden estar relacionadas también con las texturas de las hojas. Especies con hojas de texturas coriáceas presentan una tasa de descomposición lenta y las de texturas membráceas una descomposición rápida.

Arguello (1978), citado por Morales (1987), estudió ocho especies de árboles en Colombia para observar el comportamiento de la descomposición del material vegetal y encontró que la velocidad de descomposición está influenciada por la relación lignina: Nitrógeno. La pérdida de peso seco es más rápida en la especie con relación lignina nitrógeno inicialmente más baja. Fassbender (1984), indica que la descomposición de la materia orgánica se da mejor con pH neutro o ligeramente ácido.

Los residuos ricos en nitrógeno se descomponen con mayor rapidez que aquellos que lo contienen en poca cantidad, debido que el micro organismo necesitan de este elemento para sintetizar sus proteínas.

Fuentes (1994), ha señalado también que en los suelos ricos en calcio se favorece la descomposición de los materiales vegetales.

### **2.1.1 Efecto de temperatura y precipitación en la descomposición**

La descomposición de material vegetal, es más rápida en clima cálido, debido que los microorganismos, desintegradores proliferan con mayor rapidez en temperaturas altas, en tanto que en clima frío el material vegetal se acumula en el suelo debido por su lentitud de descomposición ( Fuentes, 1994).

Morales (1987), menciona que en temperatura promedio anual de 25 °C los restos vegetales se mineralizan con mayor facilidad, y no se acumulan en forma de humus.

Según Fassbender (1984), con temperatura en el rango de 25 °C a 28 °C la materia orgánica disminuye lo que implica que la temperatura crítica de 25 °C es decisiva en la producción y degradación del resto vegetales.

En regiones de precipitaciones intensas la materia orgánica se descompone con mayor lentitud que en regiones áridas, debido que en aquellas suelen predominar condiciones de acidez del suelo, menos aptas para el desarrollo de la vida microbiana ( Fuentes, 1994)

### **2.1.2 Influencia de la relación C/N en la descomposición**

La rapidez con que proliferen los microorganismos desintegradores y la rapidez con que se descompone la materia orgánica depende de la relación C/N. Si la relación se encuentra en el rango de 15 a 20:1 se produce una descomposición con mayor rapidez y cuando dicha relación esta por encima de 50 y menos de 10 la descomposición es lenta. Fuentes (1994).

Es probable que si el nitrógeno afecta la descomposición lo hace especialmente a través de la relación C/N del sustrato.

La relación C/N es variable en el sustrato a mineralizarse de acuerdo con las especies y la edad de la misma, especie jóvenes y gramíneas generalmente presentan relaciones alrededor de 20 y al madurar su tejido baja el contenido de proteína y aumenta la lignina, resultando un incremento de la relación a valores mayores de 30. Así decrece la susceptibilidad del sustrato a mineralizarse (Fassbender, 1984)

Según Arzola *et al.* (1986), el contenido de humus solo aumenta de modo apreciable, si se añade al suelo material bastante resistente a la descomposición y este tipo de material es típicamente pobre en nitrógeno.

Materiales con proporciones grandes de C/N (70:1) su efecto es que desaparece el nitrógeno y si se proporciona material con relación de 15:1 se da una buena mineralización y aumenta el contenido de nitrógeno ( Alexander, 1987)

Los residuos vegetales ricos en carbonos son fuente de energía pero no siempre de nitrógeno. La materia orgánica con una relación alta ( $> 50$ ), suministra mucha energía y poco nitrógeno, mientras que una relación baja ( $< 10$ ) suministra mucho nitrógeno y poca energía. En ambos casos el microorganismo se multiplican poco activamente y la materia orgánica se descompone con lentitud.

### **2.1.3 Efecto de los microorganismos en la descomposición**

En algunas regiones el trabajo de las hormigas es muy importante asociado con otros insectos como los miriápodos, todas son organismo que aprovechan los residuos vegetales como alimentos más o menos descompuesto, de esta forma sirve para iniciar los procesos de descomposición que son realizados por las bacteria y hongos (Buckman y Braddy 1984)

Fassbender (1984), asegura que los microorganismos de mayor importancia en la mineralización de los restos vegetales son los de la macro fauna (nemátodos, lombrices, hormigas, termitas) no dejando a un lado a los hongos y bacteria.

### **2.1.4 Influencia de la edad de las especies en la descomposición**

Buckman y Braddy (1984) indican que las especies arbóreas contienen aproximadamente un 75 % de agua y que la materia está formada por C, O, H, N, y el 90 % de la materia seca es C o H.

Las especies jóvenes contienen gran cantidad de sustancias hidrosoluble, fácilmente de descomponerse, a medida que avanza el ciclo vegetativo disminuye estos compuestos y aumenta el contenido de sustancias resistente a descomponerse ( Fuentes, 1984)

La composición química elemental de los restos vegetales varían dentro de grandes límites, de acuerdo a las especies y edad de la misma (Fassbender, 1984)

Según Arzola *et al.* (1986) las especies arbóreas jóvenes añaden poco carbono al suelo en comparación a los maduros, a causas de que la cantidad de carbono que contiene al ser incorporados al suelo es mucho menor.

## **2.2 Los Abonos verdes**

De acuerdo a Buckman y Braddy (1984), señala que abono verde es la práctica de rotación en el suelo y devolución de las plantas verdes descompuesta. No obstante, el abono verde no está suscrito únicamente a la siembra y devolución de una leguminosa, sino también a la incorporación de otros restos de leguminosas, no necesariamente establecidos en el área, sino fuera de ella. En ese sentido la biomasa producida por cualesquier planta leguminosa (sea arbusto o árbol) que se incorpora al suelo con propósitos de producir nitrógeno para los cultivos, es considerado abono verde.

### **2.2.1 Características deseables de los abono verde**

El abono verde ideal, debe poseer tres característica importantes; un crecimiento rápido, follaje abundante y succulento y habilidad de crecer bien en suelos pobres. (Buckman Braddy 1984)

Otras características señaladas por Morales (1987) en su obra de conservación de suelo y agua, son:

Deben de ser preferiblemente aquellas que puedan enriquecer el suelo con nutrientes y deben de ser poco susceptible al ataque de plagas y enfermedades.

### **2.2.2 Ventajas del abono verde**

Es capaz de sustituir a algunos fertilizantes nitrogenados, y adicionalmente a alimentar al ganado el que a su vez proporciona estiércol, que enseguida servirá como abono orgánico.

Producen una estructura friable y mejoran el estado del cultivo, da profundidad a la capa arable y facilita el almacenamiento del agua y la permeabilidad del suelo gracias a su materia

orgánica y sus contenidos de nitrógenos. Contrarresta, además, el efecto negativo que produce el uso de maquinarias en el suelo (Yágodin, 1986)

Otras ventajas que pueden señalarse son:

- ✓ Agregan materia orgánica al suelo.
- ✓ Mantienen y mejoran la fertilidad de los suelos.
- ✓ Reducen la erosión de los suelos.
- ✓ Aumentan la capacidad de retención de humedad en el suelo.
- ✓ Disminuye el uso de químicos
- ✓ Fija nitrógeno atmosférico.
- ✓ Reduce la pérdida de nitrógeno por lixiviación gracia a la captación del nitrógeno durante la descomposición del material.
- ✓ Restituye al suelo de fósforo y potasio que han sido absorbidos en parte en el subsuelo.
- ✓ Son fáciles de incorporarlo al suelo
- ✓ Proporcionan leña a la población
- ✓ Sirve como forraje al ganado
- ✓ Sirve como poste de cercos
- ✓ Sirven como barreras vivas
- ✓ Sirven para construcción de casa (Morales, 1987)
- ✓ No contaminan al medio ambiente

Los abonos verdes desarrollándose en épocas húmedas reducen las pérdidas por lavado tanto de nitrógeno como de otros elementos nutricionales. Por descomponerse rápidamente liberan grandes cantidades de anhídridos carbónicos del suelo, que pueden aumentar la asimilabilidad de los fosfatos en suelos calizos o alcalinos. : Como cobertura verde protege al suelo contra el arrastre del mismo por los efectos del viento y las lluvias. Disminuye la radiación solar directa, la cual permite mantener mayor humedad en el suelo. Como aporte a la fertilidad del suelo: hay una incorporación sustantiva de follaje, tallos y raíces las cuales al descomponerse se transforman en materia orgánica y mejora las propiedades del suelo. (Arzola *et al.* 1986).

### **2.2.3 Desventajas**

Se requiere de labores adicionales de podas e incorporación para sus establecimientos. En pendientes mayores existe peligro de deslizamiento causado por la acumulación de humedad sino se combina con otras prácticas de conservación.

- ✓ El beneficio en condiciones tropicales es a corto plazo ya que el material vegetal fresco es rápidamente reciclada (Yágodin, 1986).
- ✓ El costo de incorporación ya sea con maquinaria o manualmente hace en muchos casos, que esta práctica sea prohibida
- ✓ Tienen que existir especies arbóreas en abundancia en la zona (Morales, 1987).

## **2.3 Materia orgánica**

La materia orgánica se define como “Todos los restos animales y vegetales que se incorporan al suelo y que se descomponen al transcurrir el tiempo.

### **2.3.1 Contenido de materia orgánica en los suelos**

Fassbender (1987), indica que el contenido de la materia orgánica en los suelos es muy variable, alcanza desde traza en los suelos desérticos hasta un 90 – 95 % en los suelos turbosos

En el horizonte Ap de suelos cultivados, el edafón está constituido entre el 10-15% por materia orgánica. El horizonte A de suelos explotados agrícolamente presenta por lo general valores entre 0,1 y 10 % de materia orgánica, cuyo contenido decrece con la profundidad en el perfil del suelo. Los suelos se pueden clasificar de acuerdo a su contenido de materia orgánica y a las necesidades de un determinado cultivo.

Bajos	Medios	Altos	Muy Altos
< 2.0 % M.O	2.1 – 4.0 MO	4.1 – 10.0 MO	> 10.0 % M O
<1.15 % C	1.2 – 2.3 % C	2.4 – 5.8 % C	> 5.8 % C

### 2.3.2 Factores influyentes en los contenidos de materia orgánica del suelo

Estudios realizados por Jenny (1992) citado por Arzola et al. (1986), indican que los factores que determinan los contenidos de materia orgánica en el suelo son en primera instancia el clima y la vegetación. Hay factores locales como: relieve, material parental, tipo de duración de explotación de los suelos, temperatura, precipitación, inclinación del suelo, las que aceleran o retardan la descomposición de la materia orgánica y modifican por lo tanto los contenidos en los mismos.

### 2.3.3 Regulación de la materia orgánica en el suelo

Se puede regular añadiendo o enterrando plantas verdes en estado muy jugoso. Esto es lo que se llama estiércol verde, es una práctica muy satisfactoria, así como otros que presentan beneficios al suelo.

No solo enterrando plantas verdes en el suelo se ayuda a mantener la materia orgánica. Hay otra fuente que ayuda a mantener la materia orgánica, es quizás la más importante como lo es el residuo orgánico, especialmente en los suelos arables; son las propias cosechas corrientes, el rastrojo, y sobre todo los restos de las raíces de varias clases que quedan en el suelo para descomponerse y que contribuye de una forma excelente (Yágodin, 1986)

Para mantener la materia orgánica, hay que ver las condiciones propias del suelo tales como: humedad, aireación, pH, temperatura, etc., las cuales deben de ser las propicias para que esta no se acumule ni se destruya rápidamente. También debe tomarse en cuenta el tipo de cultivo y tipo de labranza.

## **2.4 El Nitrógeno**

Es un elemento que se encuentra en la estructura de las especies leguminosas y es muy importante para el desarrollo de cualquier planta, es requerido por estas en grandes cantidades y es el elemento más deficitario en los suelos, por tanto el que más limita los rendimientos de los cultivos (FAO, 1985; FAO, 1986)

### **2.4.1 El Nitrógeno del suelo**

La capa arable de la mayoría del suelo cultivado contiene de 0.02 a 0.04 % de nitrógeno.

La distribución del nitrógeno en el suelo indica que éste disminuye con la profundidad. Las diferencias en la distribución del nitrógeno en el suelo se explican por los factores como el clima, vegetación y la topografía.

Las formas en que el nitrógeno se encuentra en los suelos son: en forma orgánica e inorgánica, en esta última se incluyen las formas gaseosas (FAO,1985; FAO,1986)

### **2.4.2 El Nitrógeno Orgánico**

Representa comúnmente, entre el 85 y 95 % del nitrógeno total. Su naturaleza química es desconocida. Los compuestos nitrogenados que se acumulan en los suelos en forma de resto de animales y vegetales tienen en su mayoría naturaleza proteica. Entre el 20 y 40 % del nitrógeno de los suelos se presentan en formas de aminoácidos, entre los aminoácidos se han encontrado en orden de importancia y porcentaje de nitrógeno los siguientes: lisina (15 %), alanina (13 %), isoleucina y glicina (12 %), ácido aspártico (19 %), treonina (5 %) (Clausnitzer, 1988)

### **2.4.3 El Nitrógeno inorgánico**

En formas inorgánicas se presenta el nitrógeno como amonio ( $\text{NH}_4$ ) y nitratos ( $\text{NO}_3$ ) incluyendo las formas gaseosas como óxido nítrico ( $\text{N}_2\text{O}$ ), óxido nítrico ( $\text{NO}$ ), dióxido de nitrógeno ( $\text{NO}_2$ ) y amoníaco ( $\text{NH}_3$ ) en cantidades no detectable

El nitrógeno inorgánico de los suelos tiene un ámbito generalmente comprendido entre el 5 y 15 %. Diversos estudios realizados demuestran que los porcentajes de nitrógenos inorgánicos son más altos en los suelos de regiones áridas o semiáridas, correspondiendo a porcentajes menores en los suelos volcánicos. (Foth, 1987)

### **3.5 La Relación C/N del suelo**

La relación C/N es un parámetro en la caracterización del nitrógeno y sus relaciones con la materia orgánica.

La relación C/N de un suelo cultivado casi siempre es de 8:1 a 15:1, siendo el término medio 10 a 12:1. En una región de clima seco, se halló solo una pequeña variación en suelo tratado semejante, esto se debe a la temperatura y la distribución de lluvia. En las regiones áridas la relación tiende a disminuir, y sucede lo inverso en las regiones húmedas.

Los valores bajos se explican por la presencia de mayores cantidades de N - inorgánico y de mineral, especialmente de  $\text{NH}_4$  fijado, en minerales arcillosos se han encontrados correlaciones exponenciales inversas entre el pH y la relación C/N para suelos tropicales y de otras regiones. (Arzola et al. 1986)

Los valores de la relación C/N en las plantas, varían en dependencia de la especie y edad de la planta y en algunos casos se han encontrado valores entre 20 y 80:1, en el caso de los estiércoles hasta un 90:1 y aun más en ciertos residuos de pajas. Los valores óptimos deben oscilar entre 10 a 12:1.

Las variaciones en los valores pueden deberse a la edad de los vegetales, las lluvias, la actividad microbiana, etc.

Los contenidos de las relaciones C/N pueden interpretarse así en suelo (Cross,1981)

- < 10: Excesiva liberación de nitrógeno.
- 10 – 12: Normal liberación de nitrógeno.
- 12 – 15: Escasa liberación e nitrógeno.
- > 15: Muy escasa liberación de nitrógeno.

### **III MATERIALES Y METODOS**

#### **3.1 Ubicación geográfica del área de estudio**

El estudio se inició el 28 de Mayo de 1998 y finalizó el 20 de Octubre de 1999, área de estudio se ubica en la subcuenca del Río Calicó en el municipio de San Dionisio, departamento de Matagalpa. La subcuenca tiene una superficie de 170 km<sup>2</sup>, abarcando todo el municipio (144 km<sup>2</sup>) y pequeños territorios de los municipios de Matagalpa, San Ramón, Terrabona y Esquipulas.

La subcuenca del Río Calicó, junto con las subcuencas del Río Tapasle - Bulbu y Los Caños Olama, comprenden la cuenca del Río Grande de Matagalpa.

El ensayo se realizó en la finca del productor Manuel Torres en la comunidad San Galletano, municipio de San Dionisio, departamento de Matagalpa. El municipio de San Dionisio se ubica a 165 km de Managua y a 40 km de la ciudad de Matagalpa. Sus coordenadas geográficas son 12° 45' 45" de Latitud Norte y 85° 51' 10" de Longitud Este

#### **3.2 Clima**

Las temperaturas medias anuales oscilan entre 22.5 a 27.8 ° C. El mes más caliente es abril con una temperatura mensual de 27.8 ° C registrando una humedad relativa de 59% y octubre es el mes más fresco con 88% de humedad relativa y con temperaturas de 22.5 ° C. La velocidad del viento oscila entre 0.9 a 2.0 m / s predominando en la mayor parte de los años las direcciones NE. Las precipitaciones oscilan entre 850 a 1500 mm/año distribuidas en todo el año (Murillo & Osorio 1990)

La zonificación agroecológica descrita por Rapidel & Rodríguez (1990) indican que San Dionisio pertenece a una región seca, siendo el verano completamente seco sin posibilidades de cultivar en adelante, con temperaturas de 24 a 28 °C, registrándose precipitaciones de 800 a 1500 mm/año y los problemas relacionados con los déficit de agua, ya sea por que llueve muy poco o los eventos

están mal distribuidos en todo el año, se transforman en la principal desventajas para el desarrollo de la producción agrícola.

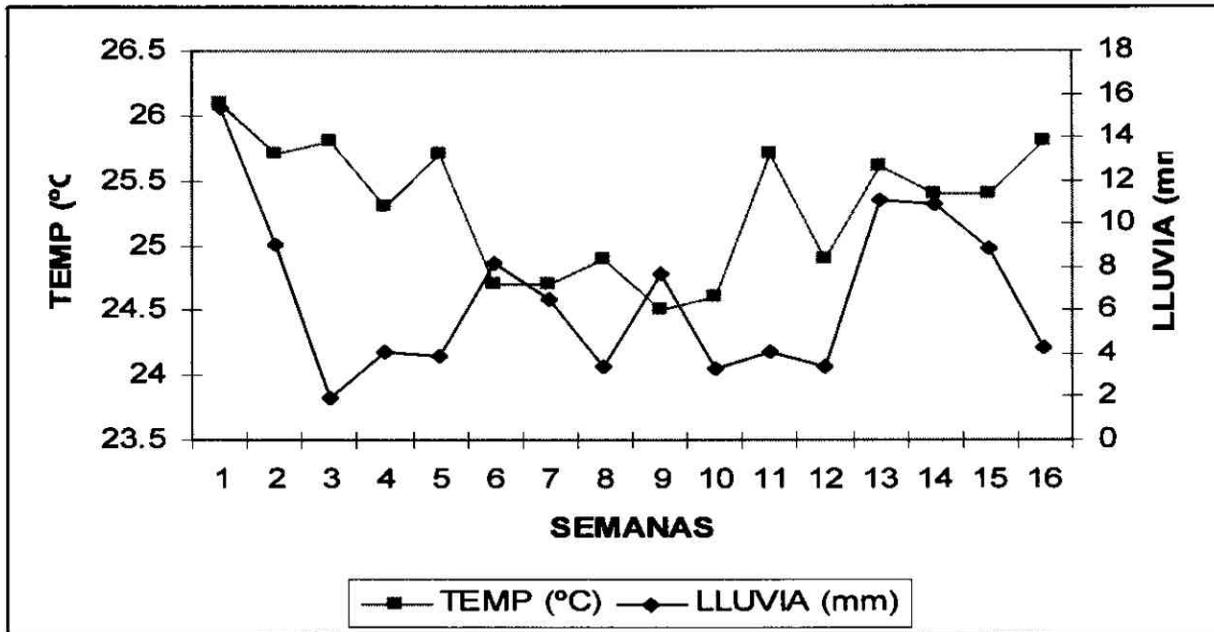


Figura 1. Distribución de la temperatura y precipitación en la zona de San Dionisio Municipio Matagalpa, 1999.

### 3.3 Suelos

Los órdenes de suelo que predominan en la zona son Inceptisoles, Alfisoles, Vertisoles y Entisoles (Murillo & Osorio, 1998).

En el área de estudio predominan suelos con pendientes onduladas y quebradas, superficiales, pedregoso y pertenecen a la serie San Dionisio del orden vertisol.

Algunas propiedades físicas y químicas del sitio experimental se muestran en el Cuadro 1, y se obtuvieron a través de la metodología de muestreo de suelo recomendada por el Laboratorio de Suelo y Agua de la Universidad Nacional Agraria.

Cuadro 1. Análisis químico físico del suelo de la finca El nido de la comunidad de san galletano, municipio de San Dionisio, Matagalpa. 1999, donde se realizó en el estudio.

<b>Características</b>	<b>Valor</b>
Textura de suelo	Franco arenoso
PH	6.5
Densidad aparente	1.2 g/m <sup>3</sup>
Materia orgánica	2.95 %
Nitrógeno total	0.14%
Potasio	0.96 Meq./100g suelo
Fósforo	15.00 ppm
Arcilla, Limo y Arena	20%, 25% y 55%

Fuente: Laboratorio de suelo y agua de la UNA

### **3.4 Historia agraria del sitio experimental**

Históricamente, la estratificación campesina está conformada, en su mayoría por campesinos pobres y proletario agrícola que trabajan en los beneficios de café o dedicados a la producción de granos básicos principalmente maíz y frijol, un poco de sorgo y de hortalizas, con su potencial de desarrollo en la ganadería. Los sistemas de producción que prevalecen tienen el objetivo principal de asegurar la alimentación de la familia (pequeños productores) y el resto para la venta para obtener ingresos monetarios (Rapidel & Rodrigues, 1990).

### **3.5 Recolección del material vegetativo**

Las especies arbóreas seleccionadas fueron de una plantación las cuales fueron el madero negro, genízaro, guanacaste, granadillo, y para su selección se tomaron criterios del agricultor y técnicos de la zona, tales como especie más predominante y de trabajo más realizados con dichas especies. Una vez seleccionadas las especies se procedieron a recolectar el material vegetativo (hojas y partes leñosas tiernas). Se cortó aproximadamente 7000 g de material de

cada especie, se pesó 1000 g de cada una de las especies y se obtuvo el peso fresco, se introdujeron al horno por un tiempo de 72 horas con una temperatura de 70 ° C. Una vez seca la muestra, se le determinó el porcentaje de nitrógeno, relación C/N y el % de materia seca que contienen las especies inicialmente.

### **3.6 Construcción de las canastas**

Las canastas se construyeron de maya nylon, las dimensiones de cada canasta fue de 20 cm de anchos x 20 cm de largo, las dimensiones de cada orificio de la maya es de 5mm cuadrado. En total se construyeron 192 canastas. El área que ocupó esta 192 canastas fue de 200m<sup>2</sup> dividida en 50m<sup>2</sup> para cada especie.

Una vez construidas las canastas, se introdujo el material vegetativo (100 g a cada canasta) Y después enterrada a 20 cm de profundidad en el suelo, esto se hizo para tener un mayor control de mineralización y descomposición del material vegetativo que sirvan de pauta para otros estudios. Cada canasta se localizó a un m<sup>2</sup> de canasta a canasta, enterrando a la par una estaca y a cada estaca se le colocó una cinta plástica de diferentes colores para identificar cada especie. Una vez extraída la canasta, se eliminó la estaca.

Enterrada la canasta, semanalmente se extrajeron 3 repeticiones (muestras) por cada especie arbórea, esto se hizo durante 16 semana.

### **3.7 Variables medidas**

#### **3.7.1 Determinación de la velocidad de descomposición de la biomasa incorporadas**

Con esta variable se estimó la velocidad de descomposición en cada una de las especies, para conocer cuál es el tiempo que necesitó cada una de las especies para descomponerse completamente. Se determinó limpiando cada sub muestra (dejándola libre de tierra) y luego pesándola, es decir la diferencia entre el peso final y el peso inicial.

### **3.7.2 Liberación de nitrógeno procedente de la descomposición de los materiales vegetativos**

Esta variable estimó el aporte de nitrógeno del material incorporado tomando como criterio el contenido de nitrógeno presente en la materia seca (antes de la incorporación) y el contenido presente en la muestra extraída cada semana.

### **3.7.3 Relación C/N**

Se estimó inicialmente este parámetro en la biomasa incorporada al suelo y se determinó en cada muestra extraída cada semana. Con ello se pretendió entender el efecto de la variación de la relación C/N sobre la velocidad de descomposición del material vegetativo incorporado sujeto a la degradación microbiana en el suelo.

## **IV RESULTADOS Y DISCUSION**

### **4.1 Velocidad de descomposición del material incorporado**

Comparando el tiempo que necesitó cada especie para su total degradación, encontramos que a partir de los primeros 30 días, se producen en todas las especies la mayor descomposición del material incorporado, debido a que más del 60 % de la biomasa se descompone en ese período de tiempo (Anexo 2), coincidiendo con Morales (1987) quien señala que el material incorporado de las leguminosas se descompone en un período de 30 días después de la incorporación aproximadamente.

Además, como se observa en la Figura 2, que al realizar una comparación entre las curvas de la velocidad de descomposición por especie, se muestra que la especie del Madero Negro, fue la que se descompuso más rápidamente, necesitando de 60 días (ocho semanas) para su total degradación, seguida por la especie Guanacaste quien necesitó de solamente 67 días (nueve

semanas), después la especie del Granadillo, que necesitó de 105 días (quince semanas) y finalmente la especie del Genízaro que necesitó mucho más tiempo (dieciséis semana) para descomponerse totalmente (Anexo 2).

La mineralización de las cuatro especies, fue también favorecida por el pH del suelo (Cuadro 1), pues el proceso de mineralización se lleva a cabo perfectamente en suelos con pH cercano a la neutralidad, y es el rango de pH al que se encuentran las mayores poblaciones de agentes degradativos, contrario a lo que ocurre en condiciones de acidez, coincidiendo con lo planteado por Tindal & Nelson (1988), quien afirma que el proceso de mineralización tiende a disminuir con la acidificación del suelo, pero no la elimina, siendo la producción de nitrógeno mayor en suelos con pH ligeramente cercano a la neutralidad, de allí que en lugares altamente ácidos se produce una acumulación de nitrógeno orgánico, probablemente por la baja mineralización del material como consecuencia de la poca actividad microbiana, observándose un aumento En la rápida liberación cuando el suelo se encala.

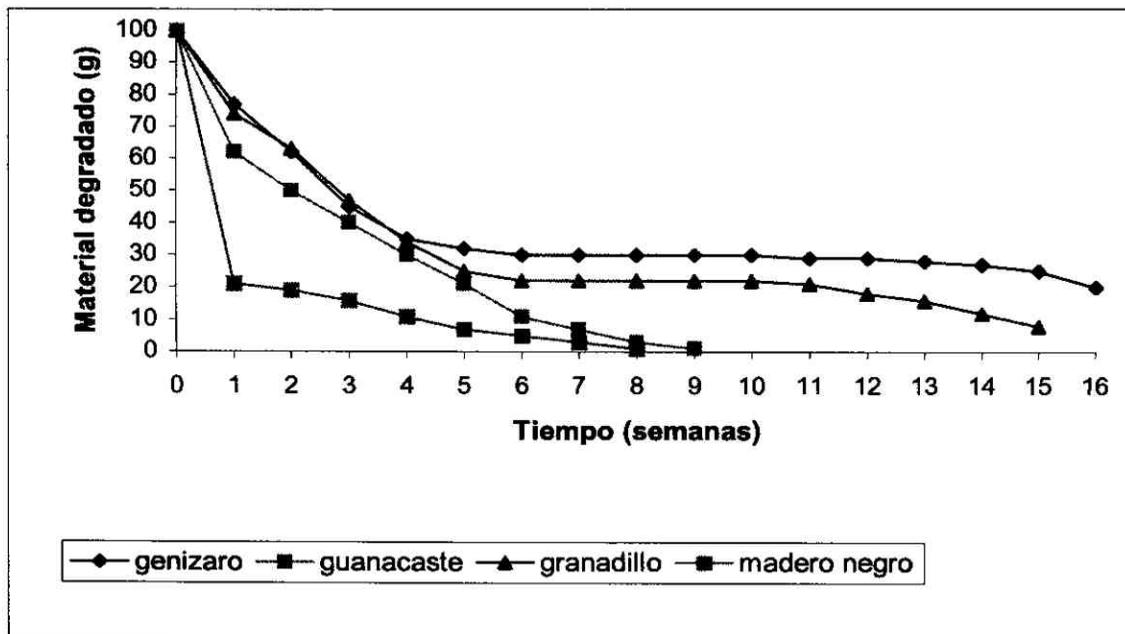


Figura 2. Material degradado (g) de las especies en estudio a través del tiempo, San Dionisio, Matagalpa, 1999.

En la Figura 3, se muestra la cantidad de materia seca descompuesta por especie. Al realizar una comparación entre las curvas por especie, se observa que durante las primeras 4 semanas (Anexo 2), se produce un descenso rápido de las curvas, indicando que durante este período se produjo una fuerte descomposición del material incorporado, se observa además, que más del 60% del material vegetativo enterrado en el suelo se descompone durante la cuarta semana después de la incorporación, disminuyendo el porcentaje de materia seca descompuesta a medida que la materia orgánica residual disminuye como consecuencias de las acciones degradativa de la microflora del suelo hasta degradarse completamente en el tiempo.

La Figura 3, además, indica que la velocidad a la cual un sustrato orgánico será metabolizado, dependerá principalmente de su composición química, grado de succulencia del material incorporado, debido a que los tejidos de materiales suculentos, como el caso de la especie Madero Negro y Guanacaste, quienes presentaron el primer y segundo lugar en más bajo porcentaje de materia seca (Cuadro 2), descomponiéndose más rápidamente que los tejidos de plantas con alto contenido de materia seca y poco contenido de humedad en sus tejidos, como el caso de la especie Granadillo y Genízaro (Cuadro 2).

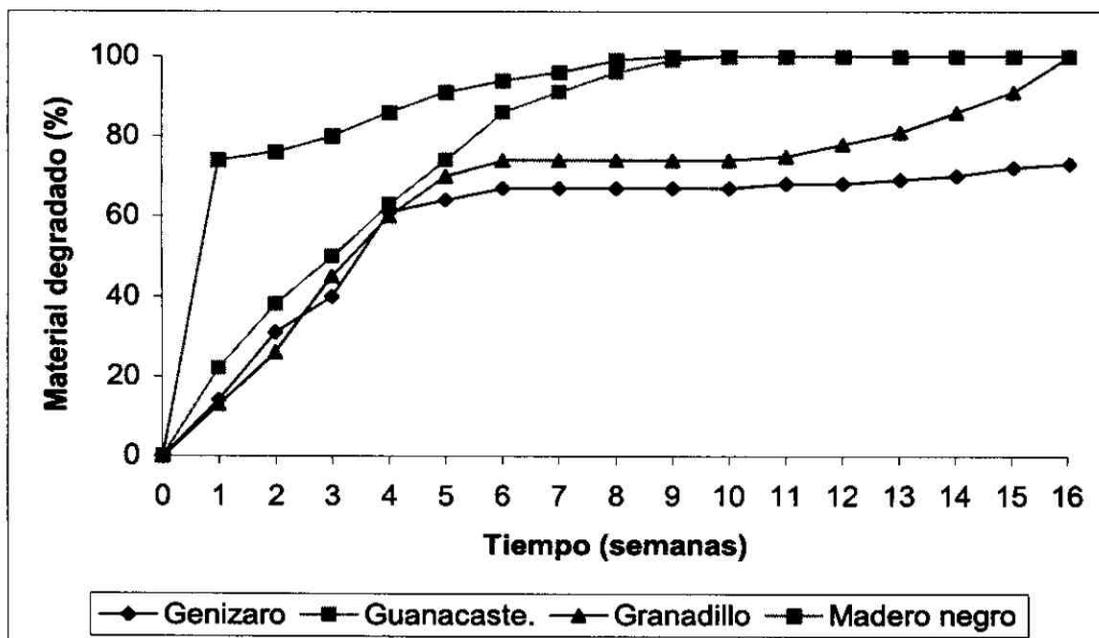


Figura 3. Material degradado en % de las especies en estudio a través del tiempo, San Dionisio, Matagalpa. 1999.

Lo anteriormente descrito, coincide con lo expresado por Alexander (1987) el cual indica que durante el proceso de descomposición de la materia orgánica juega un papel importante el contenido de lignina, tatino, celulosa, hemicelulosa y azúcares simples que se convierten en sustancias que constituyen sustratos altamente diversos que emplean la comunidad microbiana para la descomposición y mineralización, presentando mayor resistencia a la descomposición la lignina, consecuentemente empieza a ser más abundante en la materia orgánica residual en descomposición, por otra parte la celulosa y hemicelulosa no desaparecen tan rápido como las sustancias solubles en agua, por lo que su persistencia no es muy amplia.

Cuadro 2, Porcentajes de materia seca, humedad y edad de las especies en estudio en San Dionisio, Matagalpa. Mayo, 1999.

Especie	P.F(g)	P.S(g)	% M.S	% H	Edad
Genízaro	1000	900	90	10	10 año
Guanacaste	1000	800	80	20	6 año
Granadillo	1000	850	85	15	2 año
M. negro.	1000	800	80	20	1.5 año

Nota: P.F (Peso fresco), P.S (Peso seco), % M.S (Porcentaje de materia seca), % H (Porcentaje de humedad),

Fuente: Laboratorio de Bromatología de la Universidad Nacional Agraria (1998),

De acuerdo a los datos señalados en el Cuadro 2, y otros obtenidos por este mismo laboratorio en años anteriores, solamente de la especie del madero negro, son aproximados tanto en porcentaje de materia seca como humedad, no así con las demás especies. Podemos observar también en el Cuadro 2, que la especie de mayor edad es el genizaro, (10 años) seguida por la especie del granadillo, (6años) y finalmente las especies del guanacaste (2 años), madero negro (1.5 años).

La Figura 4, ilustra la relación entre la precipitación y la velocidad de descomposición del material por especie. Al parecer, los resultados indican que las precipitaciones registradas en el sitio experimental (Anexo 1), crearon condiciones de humedad adecuadas que favorecieron la

descomposición del material vegetativo incorporado al suelo, y que la actividad microbiana no fue aparentemente afectada por los posibles excesos de humedad. Se ha indicado por otros autores que los altos niveles de humedad producen efecto negativo sobre la actividad microbiana, reduciéndola por el efecto indirecto del agua ya que ésta obstaculiza el movimiento del aire en el suelo limitando el intercambio gaseoso y disminuyendo así el suministro de oxígeno tan vital para la realización de las acciones degradativas de las poblaciones microbianas encargadas de la descomposición de la materia orgánica.

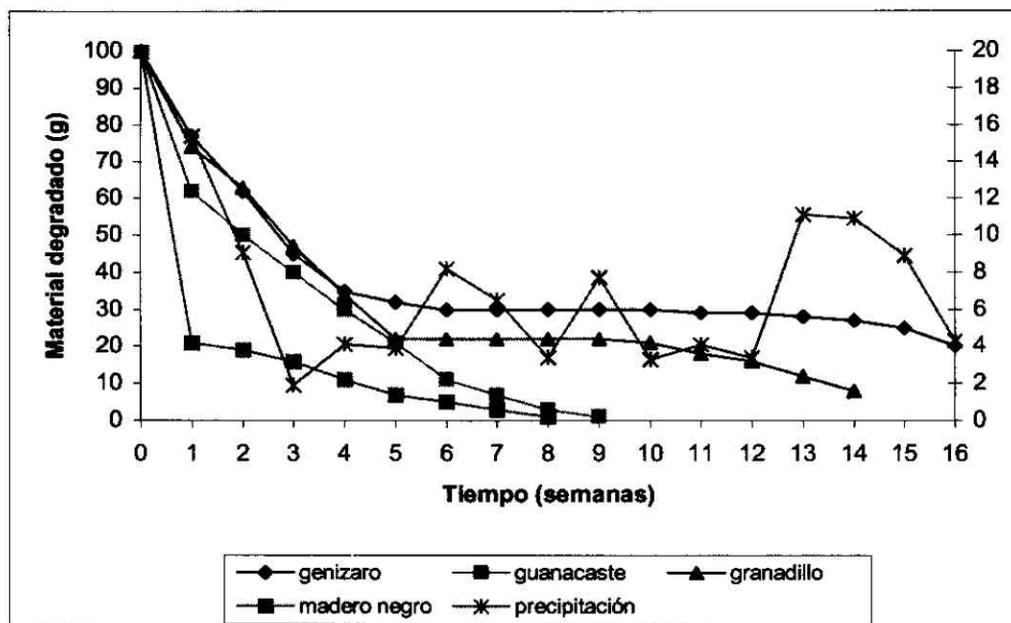


Figura 4. Relación entre la precipitación y la velocidad de descomposición del material incorporado. San Dionisio, Matagalpa 1999.

En la Figura 5, se presenta el efecto de la temperatura sobre la velocidad de descomposición de las especies en estudio, donde observamos que las temperaturas registradas (durante el monitoreo del proceso de mineralización de las especies de leguminosas), favoreció la velocidad de descomposición, debido a que la actividad microbiana y reacciones biodegradativas aparentemente no fueron afectadas por las altas temperaturas que podrían ejercer un efecto negativo sobre la descomposición de la materia orgánica agregada al suelo, sin embargo hay que recordar que los microorganismos del suelo poseen una temperatura de crecimiento óptimo y un

intervalo fuera del cual el crecimiento se detiene, pero las temperaturas registradas en el sitio experimental las favorecieron.

Las temperaturas registradas en el sitio experimental oscilaron entre 24.5 °C y 26.1 °C (Anexo 1) es un rango donde se da una adecuada descomposición de los restos vegetales de las especies en estudio. Aquí se afirma lo que es expresado por Alexander (1987), que la descomposición de la hojarasca se da perfectamente en un rango de temperatura de 20°C a 30°C

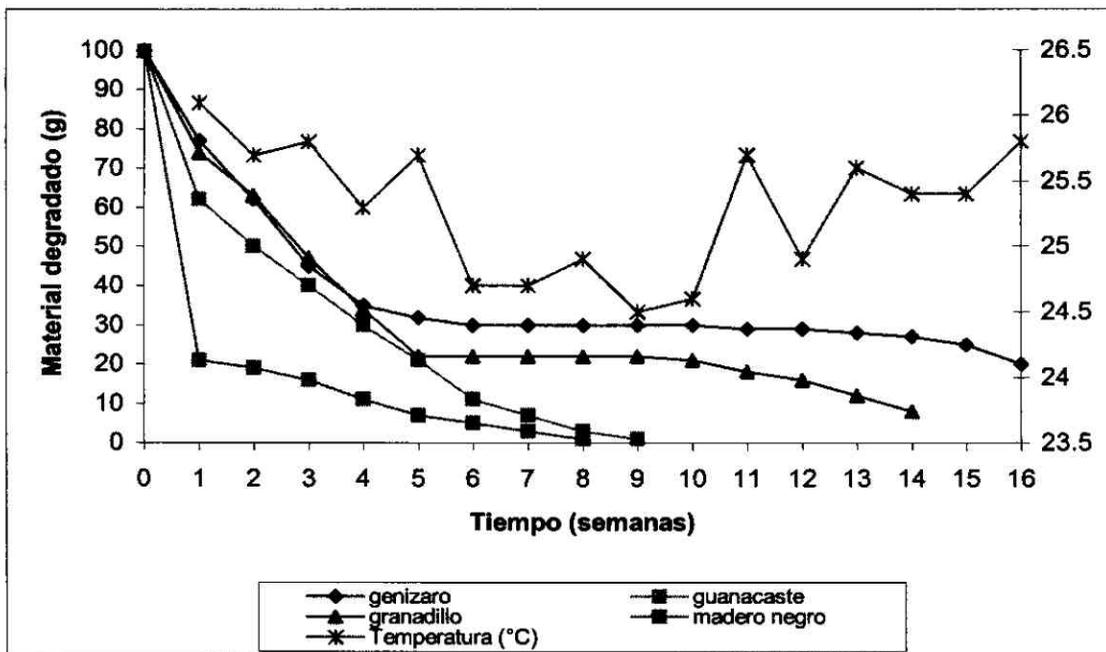


Figura 5. Relación entre la temperatura y la velocidad de descomposición del material incorporado. San Dionisio, Matagalpa. 1999.

Las temperaturas registradas en el sitio experimental (Anexo 1) aparentemente favorecieron el patrón de mineralización en las cuatro especies en estudio por encontrarse estas dentro del rango que favorece este proceso, permitiendo además, que la actividad microbiana no fuera afectada negativamente, permitiendo que cada reacción bioquímica que se produce en el proceso degradativo, estuviera catalizada por la actividad microbiana, coincidiendo con Primo *et al* (1987) quien afirma que la temperatura también afecta la velocidad de mineralización, debido a que las reacciones bioquímicas producidas en las distintas fases del proceso están determinadas

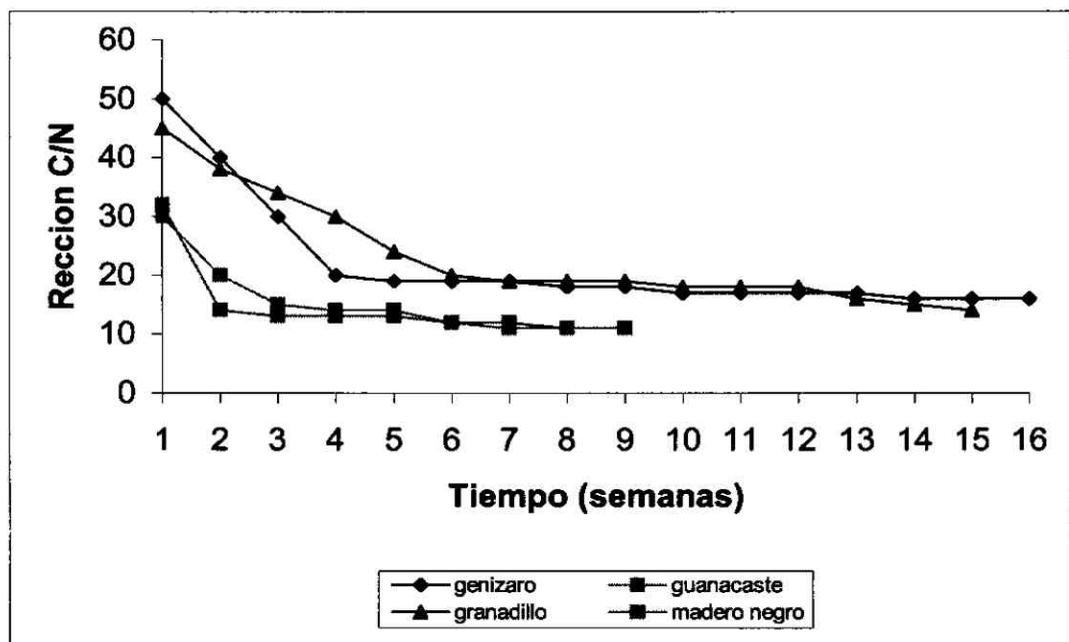
por enzimas producidas por los microorganismos las cuales son sensibles a los cambios de temperaturas.

#### **4.2 Relación C/N**

La relación C/N de la materia orgánica incorporada al suelo y la relación C/N de la materia orgánica del suelo, controlan en cada momento la intensidad de la mineralización del nitrógeno.

Según Arzola *et al.* (1986), establecen que si el material orgánico posee una baja relación C/N (por ejemplo menos de 17:1), ocurre el proceso de mineralización del material incorporado, sin embargo, el valor de la relación C/N por debajo del cual ocurre la mineralización, son variable, pues, otros factores también influyen en el proceso, de allí que las relaciones C/N inferior a 22, están asociadas con la mineralización y las superiores con la inmovilización, también es señalado por Arzola *et al.* (1986), que la inmovilización de los restos vegetales se da cuando la relación C/N es mayor de 50 y menor de 10.

En este trabajo realizado, al momento de incorporar los restos vegetales la relación C/N según análisis del laboratorio de suelo y agua (UNA) de las especies fue la siguiente: genízaro = 50:1 granadillo = 45:1, madero = 32:1 y guanacaste = 30:1. (Anexo 4).



En la Figura 6. Variación de la relación carbono - nitrógeno de las especies en el período de estudio. San Dionisio, Matagalpa.1999.

En la figura 6, donde se presenta la variación de la relación C/N del material en descomposición, se puede apreciar que:

- 1 El genízaro en las primeras 4 semanas, la relación C/N disminuye sensiblemente de 50 a 21 (60% de su valor total), presentó, además, una degradación más rápida que las otras especies. A partir de esta fecha, dicho valor se vuelve más o menos constante, lo cual indica presencia de restos bien lignificados en su estructura. Además, este material al momento de finalizar el estudio, todavía permanecía en el suelo en un 20 % del total de biomasa incorporada, lo que indica que necesita más de 16 semanas para degradarse totalmente.
- 2 El madero negro y el guanacaste, disminuye la relación C/N de 30 a 15 en las primeras 3 semanas (50% de su valor). También se observó, (Anexo 3), que ambas especies necesitaron mas o menos el mismo tiempo para degradarse totalmente. Las pequeñas diferencias en el tiempo pueden deberse fundamentalmente a las características inherentes de cada especie.

- 3 El granadillo disminuye su relación C/N a 21 hasta la sexta semana (su velocidad de disminución es menor con relación al resto), posteriormente sus valores se vuelven constante, sin presentar tendencias de disminución.

El genízaro y el granadillo presentan tendencias parecidas en cuanto valores de disminución de C/N, ambos alcanzaron a las 6 semanas valores de 21 (Anexo 3), a pesar de esto, no se pudo observar una degradación total ni disminuciones importantes en la relación C/N durante las 8 semanas subsiguientes, lo cual indica que las estructuras fisiológicas de las hojas es bien lignificada y requiere de más tiempo para lograr una degradación total y una relación C/N parecida al suelo.

El madero negro y el guanacaste presentan tendencias parecidas con los valores de C/N en cuanto a su disminución, pero difieren en cantidades y tiempo.

Lo antes mencionados está confirmado por Fuentes (1989), lo cual indica que las especie a medida que avanza el ciclo vegetativo disminuye su relación C/N.

Por otro lado Fassbender (1984) demuestra que la composición química elemental de los restos vegetales también varían dentro de grandes límites de acuerdo a las diferentes especies, edad y la materia seca. De igual manera asevera que las especies con edad más avanzada contienen mas materia seca, y la materia seca (aproximadamente el 90%) está compuesta en su mayor parte de carbono, oxígeno e hidrógeno.

Al respecto Teuscher y Adler (1988), indica que los microorganismos desintegradores de la materia orgánica se multiplican muy activamente cuando se tienen a su disposición de energía Carbono y nutrientes asimilables, especialmente nitrógeno necesario para sintetizar sus proteínas. Los residuos vegetales muy ricos en carbono son una fuente importante de energía pero no siempre de nitrógeno. La rapidez con que proliferen los microorganismos desintegradores y por tanto la rapidez con que se descompone la materia orgánica depende de la relación carbono - nitrógeno.

Estas descripciones se pueden asociar con las edades de las especies en estudio. La de más edad es la especie genízaro con 10 años, el granadillo con 6 años, el guanacaste 2 años edad y por ultimo el madero negro con 1.5 año de edad. (cuadro, 2)

### **5.3 Liberación del nitrógeno por el material incorporado**

Sisworo *et al* (1990) señalan que la cantidad de nitrógeno aportado por los residuos de leguminosas depende de la cantidad aplicada, la calidad del residuo aportado, su concentración en nitrógeno y las condiciones para su mineralización, pero la cantidad y calidad depende del estado de desarrollo de la leguminosa, concentración de nitrógeno en la materia seca y de la condición agro-climáticas donde crezcan y se desarrollen las especie.

Los valores iniciales de nitrógeno, oscilan entre 2.60 a 3.40%, el mayor contenido de nitrógeno lo presenta el madero negro (3.40 %), posteriormente el granadillo (3.20 %) seguido del guanacaste (3.06 %) y finalmente, el genízaro (2.60 %), (Anexo 4).

El porcentaje de nitrógeno en la materia seca de las leguminosas no es un valor estándar para cada tipo de especie, por lo tanto, el aporte de nitrógeno al suelo proveniente de la mineralización de los restos orgánicos, de las leguminosas también será variado, y siempre serán importantes por su contribución a la fertilidad del suelo. En el Anexo 6, se presenta el porcentaje de nitrógeno encontrado en la materia seca remanente de cada especie de leguminosa durante todo el período de estudio.

En el Cuadro 3, se presenta el aporte de nitrógeno por tonelada de materia seca incorporada al suelo y mineralizada, los valores oscilan entre 22.2 a 31.6 kg N / ton materia seca. Las cuatro especies aportaron significativamente nitrógeno al suelo, pero realizando una comparación entre los aportes de nitrógeno por especies nos indica que el madero negro es la especie que aporta más nitrógeno acumulado al suelo (31.6 kg N / ton materia seca) por tener la mayor cantidad de nitrógeno en la materia seca (3.40 %) seguido de la especie guanacaste (27.2 kg N / ton materia seca) aunque no es la segunda en contener más nitrógeno en su materia seca pero es la segunda en aportarlo, esto es probable que se deba a las características de sus hojas y a la movilidad del nitrógeno. La tercera especie en aportar nitrógeno en la especie granadillo la que aportó ( 26.9 kg

N / ton. materia Seca) y, por último, la especie genízaro, que fue la especie que aportó menos nitrógeno al suelo (22.2 kg N / ton materia seca) por presentar él más bajo contenido de nitrógeno en la materia seca (2.60 %).

**Cuadro 3, Aporte de nitrógeno liberado (acumulado) al suelo por las cuatro especies de leguminosas hasta su desaparición del mismo. ( San Dionisio, Matagalpa 1999)**

Especies	<b>Genízaro</b>		<b>Guanacaste</b>		<b>Granadillo</b>		<b>Madero negro</b>	
	kg / tn	%	kg / tn	%	kg / tn	%	Kg / tn	%
N liberado	22.2	85	27.2	89	26.9	84.1	31.6	93

#### **4.4 Curva de mineralización (liberación) de nitrógeno de las especies en estudio**

La heterogeneidad bioquímica de la microflora causante de la mineralización del nitrógeno es un factor crítico al determinar la influencia de los factores del medio ambiente en la transformación. En consecuencia la mineralización está determinada por las características físicas y químicas del medio tales como humedad, pH, aireación y abastecimiento de nutrientes inorgánicos (Alexander, 1987).

En la Figura 7 se ilustra la curva de mineralización del nitrógeno liberado - acumulado en las especies en estudio.

Realizando una comparación de las curvas de mineralización en las especies, con los resultados obtenidos en la velocidad de descomposición (Figura 2) se observa que el nitrógeno mineralizado aumenta a medida que la descomposición del material vegetativo progresa hasta que todo el material sea degradado completamente, coincidiendo con García (1993) quien afirma que el nitrógeno liberado durante el proceso de mineralización de las sustancias residuales, se incrementa conforme el aumento en la descomposición de dichos materiales.

Los puntos más altos en las curvas de mineralización del nitrógeno contenido en la materia seca descompuesta, demuestra lo anteriormente descrito, debido a la acumulación gradual del nitrógeno mineralizado que se ha liberado como consecuencia del proceso de mineralización.

El descenso de las curvas a partir de las semanas 4, 6, 8 para el madero negro, guanacaste, granadillo y genízaro (Anexo,5) respectivamente, indican la finalización del proceso de mineralización, debido a que la materia orgánica incorporada y nitrógeno contenido en la materia seca, se degradaron completamente.

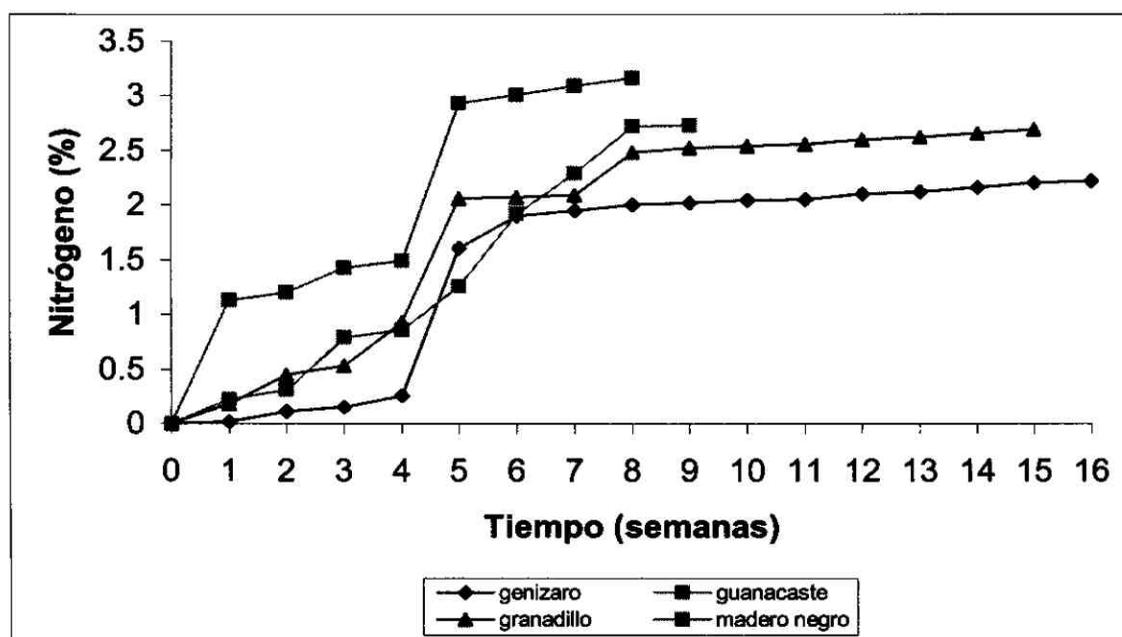


Figura 7. Nitrógeno liberado acumulado durante el proceso de descomposición de las especies en estudio. San Dionisio, Matagalpa. 1999.

En la Figura 8 se presenta el porcentaje de liberación de nitrógeno durante el proceso de mineralización en las especies en estudio, observándose que las especies madero negro 86 % de su nitrógeno mineralizado durante 5 semana, el guanacaste, presentan más del 30 % en las primeras cinco semanas, contrario a la especie granadillo y genízaro que presentaron más del 60 % de su nitrógeno mineralizado en las primeras cinco semanas del monitoreo, lo más importante que se debe de señalar es que a partir de la quinta semana después de la incorporación del

material, se producen más del 50 % del nitrógeno contenido en la materia seca mineralizado y disponible para la nutrición de las plantas.

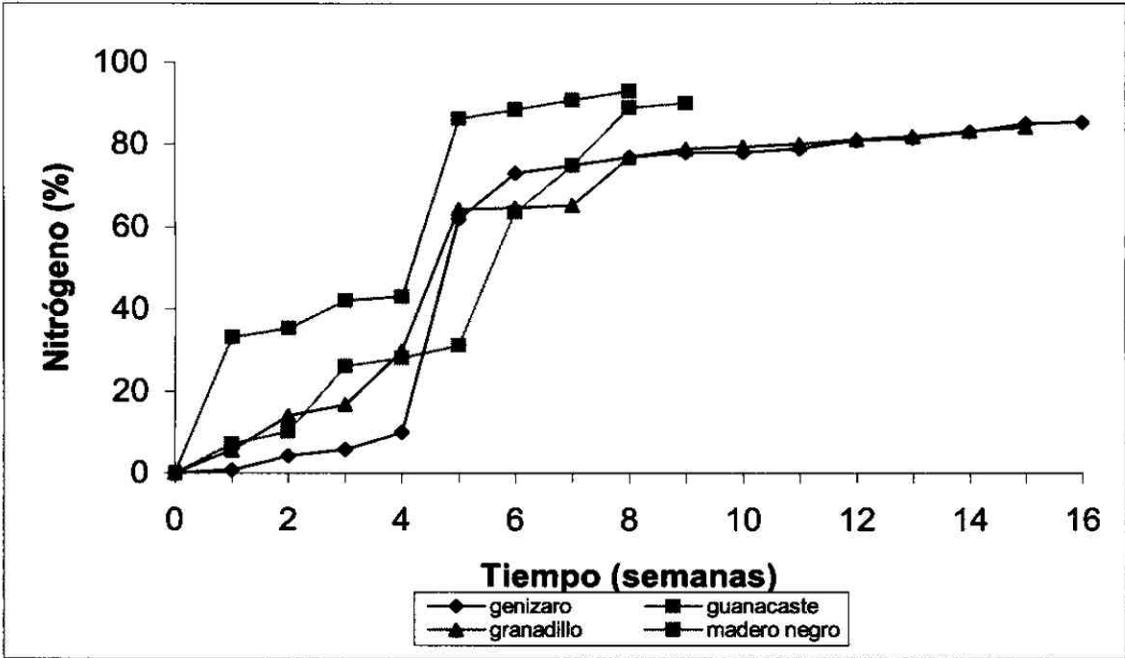


Figura 8. Porcentaje de liberación de nitrógeno aportado durante el proceso de mineralización de las especies en estudio. San Dionisio, Matagalpa. 1999.

## V CONCLUSIONES

El madero negro se descompone más rápidamente con relación a las otras especies necesitando para ello 60 días, después la especie del guanacaste que necesita de 67 días, seguida por la especie del granadillo que necesita de 105 días y finalmente la especie del genízaro que necesita de 112 días para descomponerse.

La especie que contiene más nitrógeno en sus hojas y partes leñosas tiernas es el madero negro (3.40 %), lo que equivale aproximadamente a 34.0 kg/ tn de materia seca

Las diferencias en producción de nitrógeno está en dependencia de la calidad de la biomasa, actividad biológica y la relación carbono: nitrógeno, edad y texturas de las hojas.

Los datos obtenidos en el estudio de mineralización indican que no hubo influencia del clima, provocando fluctuaciones de las condiciones de humedad en el suelo y con ello en el patrón de la descomposición.

## VI RECOMENDACIONES

- ✓ Utilizar madero negro como fuente de nitrógeno tomando en cuenta que en las tres primeras semanas se descompone el 80% de su materia seca y libera el 46 % del nitrógeno acumulado.
  
- ✓ Para obtener materia orgánica en el suelo utilizar las especies genízaro y granadillo, ya que estas especies permanecen en el suelo hasta 16 semanas después de haberse incorporado.
  
- ✓ Realizar este experimento en suelos degradados, con cierto grado de pendiente y bajo condiciones climáticas diferentes, para observar el patrón de descomposición de las especies.

## VII BIBLIOGRAFIA

- Arzola, P. N, Herrera, O. F, de Armas, J..M. 1986, suelo planta y abonado. Idit Pueblo y educación La Habana, Cuba. pag.118
- Alexander, M. 1987. Introducción a la microbiología del Suelo. Editorial Calypso, S.A. México, D.F., pag. 285
- Bukcman, A. N y Brady, J. A. 1984. Naturaleza y propiedades de los suelos. edit. Hispano América España. Traductor: R. Salord Barceló. pag. 544.
- Cross, A. 1981.Diferentes formas de nitrógeno en el suelo, y su papel en la vegetación. En Abono, Guía prácticas de fertilizantes. V. A. Domínguez traductor.1 Edic. Mundiempresa, Madrid España. pag, 177
- Clausnitzer, I. 1988 Mineralización de nitrógeno en el suelo de algunas formaciones vegetales del Noroeste de Venezuela. Turrialba Casta rica. Pag. 229
- F A O, 1985. El nitrógeno en el universo en la fijación del nitrógeno en la explotación de los suelos. Boletín de suelo. Roma Italia # 49. pag. 1, 2.
- F A O, 1986. Guía de fertilizante y nutrición vegetal. Dirección de fomento de tierra y agua. Roma Italia # 48 pag.1, 2,5.
- Fassbender, H. 1984. Nitrógeno. En Química de suelo, con énfasis en suelo de América Latina. 2edic.ICA. San José Costa Rica. pag. 211.
- Foth, D.H. 1987. Fundamento de la ciencia del suelo. 3 edic. Continental. Tlalpan México. pag. 358.

Fuentes, J.L. 1994. El suelo y los fertilizantes. 4 edic. Mundi empresa. Madrid España. p55, 56,57.

Fuentes, J.1989. Los suelos y los fertilizantes. 3 edic. Mund iempresa. Madrid España. p. 283.

García, C, L. 1993. Evaluación de tres métodos para medir disponibilidad de nitrógeno, fósforo y potasio en el suelo. Tesis Mag. Scu. Montecillo, México, Colegio de Postgraduado Sección de fertilidad de suelo. Pag. Anexo.

Instituto Nicaragüenses de Recursos Naturales y el Ambiente IRENA. Servicio Forestal Nacional. Managua Nicaragua. Mayo 1992 Arboles Forestales, Utiles para la propagación. pag. 182.

IRENA. 1993. (SFN). Proyecto forestal campesino. *Phytocelobium sama*. Conocido con el nombre común genízaro Nota técnica #12.

IRENA; 1993. Servicio Forestal Nacional. (SFN). Arboles/ Arbusto forrajeros. Nota técnica # 17.

IRENA, 1993.Servicio Forestal Nacional. *Enterolobium cyclocarpum* conocido con el nombre común de Guanacaste de oreja. Nota técnica # 22.

López. J.L.1990. Establecimiento de un ensayo agroforestal con dos especies leguminosa *Gliricidia sepium* y *Leucaena leucocephala*. Tesis Ing Agr. Universidad Nacional Agraria (UNA) FARENA. Managua Nicaragua.

MARENA, 1994. (SFN). *Giricidia sepium*. Conocida con el nombre común de madero negro. Nota técnica #35.

Morales, J. P. 1987. Estudio del nitrógeno en el suelo y Agroquímico. 2 edic. Pueblo y educación. Cuba. pag. 42.

Murillo K. & Osorio D. 1998. Caracterización edáfica de la sub cuenca del Río Calico, San Dionisio, Matagalpa.

Primo, T. y Carrasco, J. M. 1995. Química Agrícola I. Suelo y fertilizantes. Alambra. Madrid España. pag.132.

Rapidel B.& Rodríguez J. 1990. Zonificación agroecologica de la lluvia en Nicaragua. Turrialba, Costa Rica

Salas, J. B. 1985. Instituto Nicaragüense de Recursos Naturales y el Ambiente. Arboles de Nicaragua. pag. 480.

Sánchez, A.P. 1981. Nitrógeno en el suelo del trópico, características y manejo. IICA. San José Costa Rica. pag. 408.

Sisworo, W.H. Mitrosuhardjo, M. hmyers, R.J, 1990. The relative role of N fixation, fertilizer, crop residues and soil supplying N in multiple croopping systems in humid tropical upland croopping system plant and soil.

Teuscher, H. y Adler, R. 1987. El nitrógeno del suelo. El suelo y su fertilidad. R. Vera y Zapata Traductor. Continental México. pag. 250.

Tindal, L. S y Nelson L.W. 1988. Formas de nitrógeno en el suelo y sus fertilizantes nitrogenados. Fertilidad del suelo y fertilizantes. J. Balach y C: piña Traductor.

Yágodin, B. A. 1986. Agroquímicos II tomo. Edit. Mir, Moscú. Traductor. Ramón Rincón Zábaco. pag. 150

## VIII ANEXOS

### Anexo 1 Comportamiento de la temperatura y precipitación en la zona de estudio. (San Dionisio, Matagalpa 1999)

Semanas	Temperatura °C	Precipitaciones mm
1	26.1	15.4
2	25.7	9.07
3	25,8	1.9
4	25.3	4.11
5	25.7	3.9
6	24.7	8.2
7	24.7	6.5
8	24.9	3.4
9	24.5	7.7
10	24.6	3.3
11	25.7	4.1
12	24.9	3.4
13	25.6	11.1
14	25.43	10.9
15	25.4	8.9
16	25.8	4.3

Fuente: Meteorología Managua

**Anexo 2. Material remanente (en g) a través del tiempo de las especies en estudio y sus respectivos porcentajes degradados (San Dionisio, Matagalpa. 1999)**

Semanas	Genízaro	%	Guanacaste	%	Granadillo	%	M. negro	%
1	77	14	62	22	74	13	21	74
2	62	31	50	38	63	26	19	76
3	45	40	40	50	47	45	16	80
4	35	61	30	63	34	60	11	86
5	32	64	21	74	25	70	7	91
6	30	67	11	86	22	74	5	94
7	30	67	7	91	22	74	3	96
8	30	67	3	96	22	74	1	99
9	30	67	1	99	22	74		
10	30	67			22	74		
11	29	68			21	75		
12	29	68			18	78		
13	28	69			16	81		
14	27	70			12	86		
15	25	72			8	91		
16	20	73						

Fuente: Laboratorio de suelo y agua UNA

**Anexo 3. Variación de la relación carbono/nitrógeno de las diferentes especies en estudio. (San Dionisio, Matagalpa. 1999)**

Semanas	Genízaro	Guanacaste	Granadillo	Madero negro
1	50	30	45	32
2	40	20	38	14
3	30	15	34	13
4	20	14	30	13
5	19	14	24	13
6	19	12	20	12
7	19	11	19	12
8	18	11	19	11
9	18	11	19	
10	17		18	
11	17		18	
12	17		18	
13	17		16	
14	16		15	
15	16		14	
16	16			

Fuente, laboratorio de suelo y agua. UNA

**Anexo 4. Datos iniciales de porcentaje de carbono, nitrógeno y C/N de las especies en estudio. (San Dionisio, Matagalpa .1999)**

Espece arbórea	%C	%N	C/N
<i>Genízaro</i>	45	2.60	50
Guanacaste	25	3.06	30
Granadillo	30	3.20	45
<i>Madero negro</i>	26	3.40	32

Fuente: laboratorio de suelo y agua UNA

**Anexo 5. Nitrógeno acumulado liberado durante el proceso de descomposición de las especies en estudio. (San Dionisio, Matagalpa. 1999)**

<b>Semanas</b>	<b>Genízaro</b>	<b>Guanacaste</b>	<b>Granadillo</b>	<b>M. negro.</b>
1	0.02	0.22	0.18	1.13
2	0.11	0.31	0.45	1.20
3	0.15	0.79	0.53	1.43
4	0.26	0.86	0.93	1.49
5	1.61	1.26	2.06	2.93
6	1.90	1.92	2.07	3.01
7	1.95	2.29	2.09	3.09
8	2.00	2.72	2.48	3.16
9	2.02		2.52	
10	2.04		2.54	
11	2.05		2.56	
12	2.10		2.60	
13	2.12		2.62	
14	2.16		2.66	
15	2.20		2.69	
16	2.22.			

Fuente: Laboratorio de suelo y agua UNA

**Anexo 6. Porcentaje (acumulado) de liberación de nitrógeno aportado durante el proceso de descomposición de las especies en estudio, en la comunidad de San Dionisio, Matagalpa.1999**

<b>Semana</b>	<b>Genízaro</b>	<b>Guanacaste</b>	<b>Granadillo</b>	<b>Madero Negro</b>
1	0.77	7.20	5.60	33.20
2	4.20	10.10	14.00	35.30
3	5.80	26.00	16.60	42.00
4	10.0	28.10	29.70	43.00
5	62.0	31.20	64.40	86.30
6	73.0	63.60	64.70	88.50
7	75.0	75.0	65.30	90.80
8	77.0	89.0	77.00	93.00
9	78.0		79.00	
10	78.0		79.40	
11	79.0		80.00	
12	81.0		81.20	
13	81.5		82.00	
14	83.0		83.10	
15	85.0		84.10	
16	85.3			

## **Anexo 7, Descripción de las especies en estudio**

Por lo general los árboles desempeñan una función muy importante en la sociedad y en la agricultura. La sociedad obtiene muchos beneficios como: leña, sombra, madera para construcción, forraje para el ganado, etc. El sector agrícola obtiene beneficios como abonos, materia orgánica, etc.

### **Genízaro (*Pithecelobium sama*)**

Es un árbol que se extiende desde México hasta Brasil y Bolivia. En Nicaragua está distribuido en todo el territorio nacional, pero crece eficientemente en las regiones del pacífico y central. Su tamaño es pequeño o grande, alcanza alturas de 9 a 26 m. La corteza es gris negruzca con grietas verticales, las hojas son compuestas bipinnadas alternas de 12 a 36 cm. Con textura menbráceas. Los frutos son vainas, castaño rojizas indehisciente aplanadas de 8 a 25 cm. de largo.

#### **✓ Climatología**

En Nicaragua crece en las regiones del pacífico y central, y en el ámbito nacional entre 5 y 500 msnm, en climas calientes, secos y húmedos. Crece por encima de los 20 grados centígrados con mayor facilidad en las zonas altas con precipitación de 1500 a 2500 mm al año y preferiblemente con una estación seca bien definida (IRENA 1993)

#### **✓ Suelo**

Crece en suelo secos y húmedos, incluyendo suelos compactados, ligeramente arenosos y suelos con presencias de piedras, pobres y pedregoso. Crece en suelos con textura arenosa, franco arenosas y arcillosas con pH neutro o ácido.

## ✓ Usos

Dentro de los usos más comunes están la construcción de vivienda, decoración, plywood, ruedas para carretas, postes, leña, sombra en potrero y carretera, forraje para animales. (Ganado) y ornamentación. (Salas, 1985)

## **Guanacaste (*Enterolobium cyclocarpum*)**

Este árbol pertenece a la familia Mimosacea y es originaria de América Central. Se extiende desde el sur de México hasta Colombia. En Nicaragua se le encuentra ampliamente distribuido por el territorio nacional especialmente en la región del pacífico y central. Es un árbol de tamaño mediano o grande, alcanza alturas comprendidas entre 6 y 30 m y de diámetro de 0.4 a 4 m, a la altura del pecho. tiene una corteza áspera liza granulosa un poca fisurada gris clara. Las hojas son compuestas bipinnada de 15 a 40 cm. de largo, cada hoja tiene de 4 a 5 pares de pinnas, cada pinna con 15 a 30 pares de hojuelas sin pecíolos. Las flores son cabezuelas axilares, los frutos con vainas indehiscetes (IRENA, 1993)

## ✓ Climatología

El Guanacaste es originario de zonas cálidas, semi húmedas, con estación seca prolongada, se da bien en zona húmeda, se encuentran en sitios con precipitaciones, entre 760 mm a 3000 mm anuales con estación seca mínima de 2 a 4 meses secos.

## ✓ Suelos

Se adapta bien en suelos bien drenados y da sus crecimientos máximos en suelos neutros no ácidos y suelos de textura arenosa, franco arenosas y arcillas con pH neutro o ácidos.

## ✓ Usos

Elaboración de plywood, construcción de vivienda, ruedas de carretas y carretones. En el pasado la oreja tierna se utilizaba como jabón, canoa, la semilla es comestible tostada, forraje, sombra en potrero y carreteras, medicinas (bronquitis), etc.(IRENA, 1992)

## **Granadillo (*Platymiscium pennatum*)**

Es un árbol originario de América Central desde del Sur de México hasta Colombia. En Nicaragua se le encuentra ampliamente distribuido por el territorio nacional, especialmente en la región del pacífico y central. Es un árbol de tamaño mediano o grande, alcanza altura comprendida entre 6 a 30 m y de diámetro de 0.4 a 4 m a la altura del pecho. Tiene una corteza áspera lisa, granulosa un poco figurada. Las hojas son compuestas, sin pecíolo con textura membráceas, las flores son cabezuela.

## ✓ Climatología

Esta especie es originaria de zonas cálidas semi húmedas con estación seca prolongada. Se encuentra en sitio con precipitación entre 720 a 300 mm anuales (Salas, 1985)

## ✓ Suelos

Requiere de suelos bien drenado y da su crecimiento máximos en suelo neutros, no ácidos y suelo de textura arenosa, franco arenosa, arcillas, con pH neutro o ácidos.

## ✓ Usos

Del se obtiene un excelente forraje, es un árbol excelente para sombra de potrero  
Ornamentación, etc.

## **Madero Negro (*Gliricida cepium*)**

Pertenece a la familia fabacea. Es una especie de crecimiento rápido, nativa de la zona baja de México y América Central con estación seca bien definidas (López, 1990).

### ✓ Climatología

En Nicaragua se encuentra restringidas a tierras misceláneas donde forman bosque secundario más o menos homogéneos, asociados con otras especies, indicadoras de zonas con clima seco. Estas especies crecen a nivel del mar hasta 1400 msnm, con una temperatura de 20 °C con precipitaciones de 1200 mm a 2500 mm al año y más ocasionalmente menores hasta 500 mm/año (MARENA, 1994).

### ✓ Suelos

Se adaptan bien a una amplia gama de suelo, desde secos a húmedos, incluyendo suelos erodados compactados, ligeramente arenosos, suelos calcáreos y con presencias de piedras.

### ✓ Usos

Leña, postes, para mango de herramientas agrícolas, producción de biomasa, fijación de nitrógeno, estacas, cercas vivas, sombra para café, forraje, tutor para cultivos, durmientes, ornamentación, etc. (Salas, 1985).