

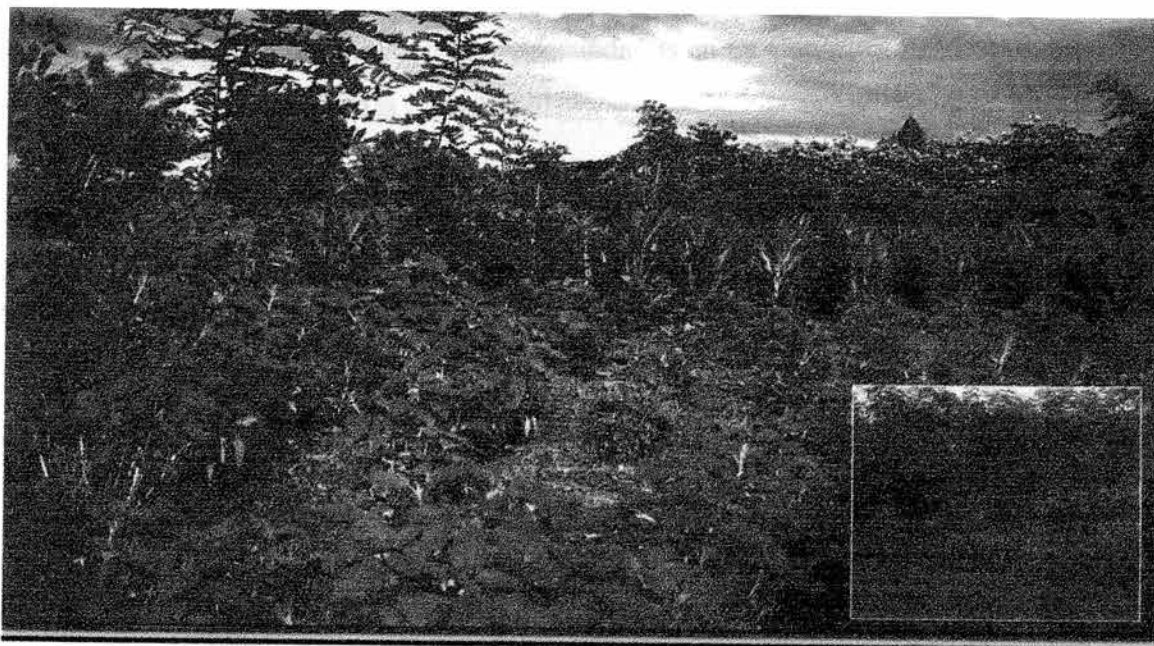


**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA**  
**FACULTAD DE RECURSOS NATURALES**  
**Y DEL MEDIO AMBIENTE**

**ESCUELA DE SUELOS Y AGUAS**

**TRABAJO DE DIPLOMA**

***Monitoreo del proceso de mineralización de tres especies de leguminosas (*Vigna radiata*, *Vigna unguiculata* y *Mucuna sp*) usadas como abono verde en el municipio de San Dionisio, departamento de Matagalpa, Nicaragua***



***Autor: Br. Manuel Antonio Mendieta López***

***Asesor: Ing. M.Sc. Leonardo García***

***Managua, Diciembre 1999***

## DEDICATORIA

El presente trabajo se lo dedico a mi madre Lic. Margarita Lopez Delgado, mis hermanos; Dra. Thelena Mendieta López, Ing. M.Sc Juan Carlos Mendieta López, por enseñarme los buenos caminos de la vida y apoyarme moral, espiritual y económicamente durante mis dieciséis años de estudios escolares, secundarios y universitarios, concluyendo con mi mayor deseo, ser un profesional.

A mi abuelita Juana Estefania Martínez López (q.e.p.d), mi padre Carlos Mendieta (q.e.p.d).

A mis compañeros de estudio escolares y secundarios en La Concepción, Masaya; especialmente a mis amigos (as) de estudio en la universidad.

A mis familiares; familia Castro - Gámez, Familia Hernández - López, familia García - Calero por todo sus consejos sabios y valiosos que siempre tendré presente y no lo olvidaré.

## AGRADECIMIENTO

Primeramente, quiero agradecer a Dios todo poderoso, por iluminarme y fortalecer mi fe, por concederme salud espiritual y física durante todo este tiempo de vida.

Al Centro Nacional de Información y Documentación Agropecuaria de la Universidad Nacional Agraria ( CENIDA - UNA) por facilitarme información y documentos claves y básicos en la elaboración de mi Anteproyecto de Investigación y, finalmente, Trabajo de Diploma.

A: Ing. M.Sc. Leonardo García, Director de la Escuela de Suelos y Agua de la Facultad de Recursos Naturales y del Ambiente (ESA - FARENA) y al Ing. M.Sc. Ronnie Vernoy coordinador del Proyecto CIAT - Laderas Nicaragua, Ing. Bismarck Mendoza, Lic. Gustavo Valverde por el apoyo recibido durante el desarrollo del trabajo.

Mis más sincero agradecimiento al personal docente de la universidad, que me impartieron sus enseñanzas durante los cinco años de estudio universitarios, concluyendo y aprobando el pènsun académico exigido por las autoridades de la universidad.

## INDICE GENERAL

<b>Contenido</b>	<b>Página</b>
Dedicatoria	i
Agradecimiento	ii
Indice General	iii
Resumen	v
Summary	vi
Indice de Tablas	vii
Indice de Figuras	viii
Indice de Anexos	xi
<b>I INTRODUCCION</b>	<b>1</b>
<b>II OBJETIVOS</b>	<b>3</b>
<b>III REVISION DE LITERATURA</b>	<b>4</b>
3.1 La materia orgánica	4
3.1.1 Concepto y contenido.	4
3.1.2 Componentes de la materia orgánica	4
3.1.3 Descomposición de la materia orgánica	6
3.1.4 Factores que influyen en la descomposición de la materia orgánica	7
3.1.4.1 Temperatura	7
3.1.4.2 Sumunistro de oxígeno	7
3.1.4.3 Humedad	7
3.1.4.4 Concentración del ión hidrógeno	8
3.1.4.5 Edad de la planta	8
3.1.5 Importancia de la materia orgánica	9
3.2 Definiciones de Abonos Verdes y Mineralización	11
3.2.1 Abonos Verdes	11
3.2.2 Mineralización	12
3.3 Descripción de las especie usadas en estudio	12
3.3.1 Características generales	12

3.3.2 Utilización	14
3.3.3 Alimentación	15
3.3.4 Rendimientos	16
3.3.5 Manejo del cultivo	17
3.4 Ventajas de los Abonos Verdes	18
3.5 Desventajas de los Abonos Verdes	20
3.6 Características que deben poseer las plantas para ser utilizadas como Abono verde	21
3.7 Característica de un Abono Verde para los trópicos	22
3.8 Comparación de los Abonos Verdes con el compost	23
3.9 Sistemas de Abonos Verdes	24
3.10 Proceso de mineralización del nitrógeno orgánico	26
3.10.1 Amonificación.	27
3.10.2 Nitrificación.	28
<b>VI MATERIALES Y METODOS</b>	29
4.1 Ubicación geográfica del área de estudio	29
4.2. Clima	29
4.3 Suelo	30
4.4 Historia Agraria del Sitio Experimental	31
4.5 Preparación de las parcelas para la obtención de biomasa	31
4.6 Procesamiento de la base de dato	33
4.7 Variables a medir	33
<b>V RESULTADOS Y DISCUSION</b>	35
<b>VI CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	52
6.1 Conclusiones	52
6.2 Recomendaciones	53
<b>VII BIBLIOGRAFIA</b>	54
<b>VIII ANEXOS</b>	58

## RESUMEN

El presente trabajo de Diploma se realizó en la finca Benjamin Zeledón, de la comunidad El Cobano, municipio de San Dionisio, departamento de Matagalpa, Nicaragua, con la finalidad de estimar la disponibilidad de nitrógeno asimilable por las plantas, mediante el monitoreo del proceso de mineralización de tres especies de leguminosas (*Vigna radiata*, *vigna unguiculata* y *Mucuna sp.*) usada como abono verde. El material utilizado para el estudio se obtuvo a través de la siembra de las especies en parcelas bases, método de Litter Bag, utilizándose el método de siembra al chorrillo. En la estimación de la producción de materia verde (M.V) y materia seca (M.S) el cowpea fue la especie que presentó la mayor producción con 18.15 ton M.V / ha y 13.81 ton M.S / ha, seguido del mungo con 12.24 ton M.V / ha y 10.40 ton M.S / ha y finalmente el terciopelo con 11.30 ton M.V / ha y 9.97 ton M.S / ha. La velocidad de descomposición en las especies en estudio presentaron un comportamiento diferente siendo la especie cowpea la que necesitó cuatro semanas para su total descomposición, seguido de la especie mungo quien necesitó de siete semanas para su total degradación y finalmente el terciopelo es la especie que requirió de más tiempo para su descomposición, necesitando de diez semanas. El cowpea es la especie que aporta más nitrógeno al suelo, tomando como criterio la incorporación de una tonelada de materia seca al suelo, aportando 36 kg N / ton M.S por ser la especie que presentó el mayor porcentaje de nitrógeno en la materia seca, seguido de la especie terciopelo, con 26 kg N / ton M.S, por ser la segunda especie en presentar el más alto porcentaje en materia seca y finalmente el mungo, fue la especie que menos nitrógeno aporta, 21 kg N / ton M.S, por presentar el más bajo porcentaje de nitrógeno contenido de materia seca. En las curvas de mineralización de las tres especies se observó que el cowpea fue la especie que presentó durante la primera semana más del 50 % de su nitrógeno mineralizado y disponible para la planta, caso contrario a la especie de terciopelo y mungo quienes presentaron más del 50 % de su nitrógeno mineralizado a partir de la segunda semana, lo importante es que a partir de la segunda semana después de la incorporación del material vegetativo al suelo, se producen las máximas descomposiciones del material y liberación de nitrógeno, disponibles para la nutrición de los vegetales.

## SUMMARY

The present work of the Diploma was realized on the farm of Benjamin Zeledón, of the community Cobano, Municipality of San Dionisio, department of Matagalpa, Nicaragua, with the finality of to estimate the availability of nitrogen assimilated for the plants, through the monitoring of the process of mineralization of the three species of leguminous (*Vigna radiata*, *vigna unguiculata* y *Mucuna sp.*) used as a organic fertilizer. The utilized material by the sty obtained through the planting of the species in random blocks, utilizing the method of seedtime to chorrillo. In the estimation of the production of the green matter (M.V) and dry matter (M.S), the cowpea was the species that presented the major production with 18.15 ton M.V / ha and 13.81 ton M.S / ha, following the mungo with 12.24 ton M.V / ha and 10.40 ton M.S / ha and finally the velvet with 11.30 ton M.V / ha and 9.97 ton M.S / ha. The decomposition velocity in the species in the study presented a different behaved than the cowpea species which needs 4 weeks for its total decomposition, following the species mungo which needs 4 weeks for total degradation, and finally the velvet is the species that requires more time for its decomposition needing 10 weeks. The cowpea is the species that gives more nitrogen to the ground taking criterion the incorporation of one tonelada of dry matter to the ground, giving 36 kg N / ton M.S by being the species that presents the major percentage of nitrogen in dry matter, following the velvet species, with 26 kg / ton M.S, by being the second species in presenting the highest percentage of dry matter and finally the mungo, was the species that gave the least nitrogen, 21 kg / ton M.S, by presenting a more lower percentage of nitrogen containing dry matter. In the mineralization curve of the three species I observed that the cowpea was the species that presented during the first weeks more than 50 % of its nitrogen mineralized and available for the plant, contrary case to the velvet species and mungo which presented more than 50 % of its nitrogen mineralized by the time of the second weeks, its important beg use by the time of the second week, after the incorporation of the vegetative material of the ground, it produced the maximum decomposition of material and liberared the nitrogen, available for the nutrition of the vegetables.

## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla</b>	<b>Página</b>
1. Algunas características físicas y química del suelo en el sitio experimental. El Cobano, San Dionisio, 1998.	30
2. Descripción de las parcelas experimentales.	31
3. Estimación de la producción de materia verde (M.V) y materia seca (M.S) para un período de un mes en el sitio experimental.	36
4. Valores de materia seca (g) y porcentual (%) obtenidos en el monitoreo de la velocidad de descomposición en las especie en estudio.	41
5. Porcentaje de materia seca y contenido de humedad en las especie en estudio.	42
6. Relación C/N de las especie en estudio.	45
7. Porcentaje de nitrógeno total contenido en materia seca en las tres especie de leguminosa.	47
8. Aporte de nitrógeno total al suelo por las tres especie de leguminosa.	48



## INDICE DE FIGURA

<b>Figura</b>	<b>Página</b>
1. Velocidad de descomposición en las tres especie en estudio.	37
2. Disminución (%) de la materia seca descompuesta por especie.	38
3. Efecto de la precipitación (mm) sobre la velocidad de descomposición del material Incorporado.	40
4. Efecto de la temperatura (° C) sobre la velocidad de descomposición del material incorporado	43
5. Curva de mineralización del nitrógeno liberado y acumulado en las especies en estudio.	49
6. Porcentaje de liberación de nitrógeno aportado durante el proceso de descomposición de las especies en estudio.	50

## INDICE DE ANEXOS

<b>Anexo</b>	<b>Página</b>
8.1 Registro semanal de la temperatura y la precipitación en el sitio experimental.	59
8.2 Efecto de la precipitación (mm) en la velocidad de descomposición de la materia seca (g) de las especie en estudio.	60
8.3 Efecto de la temperatura (° C) en la velocidad de descomposición de la materia seca (g) de las especie en estudio.	61
8.4 Resultados del análisis químico del carbono orgánico (%) realizado en las especie en estudio.	62
8.5 Resultados del análisis químico del nitrógeno orgánico (%) realizado en las especie en estudio.	63
8.6 Relación C:N en las tres especies en estudio.	64
8.7 Resultados de la determinación en la estimación de la producción de materia verde y materia seca	65
8.8 Distribución de microorganismo (organismo / g de suelo x 10 <sup>3</sup> ) en varios horizontes del perfil del suelo	65
8.9 Resultado de la cantidad de nitrógeno liberado – acumulado y porcentaje de liberación de Nitrógeno aportado durante el proceso de descomposición del material vegetativo.	66

## INTRODUCCIÓN

La principal problemática de los pequeños y medianos productores nicaragüenses se debe a su ubicación en tierra marginales, suelos superficiales y poco fértiles, expuestos a la erosión, prevaleciendo una agricultura de subsistencia que unido a la falta de acceso a créditos, altos costos de producción y bajos rendimientos, se transforman en una fuerte limitante para el desarrollo de los sistemas de producción.

El uso de los abonos verdes es una alternativa que le permitiría al productor mejorar la fertilidad de suelo, controlar la erosión causada por el agua y el viento, disminuir los costos de producción, obtener una cosecha adicional y mejorar los rendimientos, fomentando técnicas agrícolas más sostenibles que pueden proporcionar beneficios sociales netos al reducir la erosión del suelo o la contaminación de los mántos freáticos.

La práctica de abono verde en la agricultura se define como el cultivo de especies vegetativas nativas o introducidas, perennes o anuales, asociadas o no, en rotación o sucesión entre los cultivos, con la finalidad de mejorar las condiciones biológicas, físicas y nutricionales del suelo, utilizándose a menudo las leguminosas por su capacidad de fijar el nitrógeno, controlar la erosión causada por el agua y al viento, y aumentar la materia orgánica del suelo (Restrepo, 1996).

La mayor parte del nitrógeno está en combinación con la materia orgánica en forma de nitrógeno orgánico. Este nitrógeno debe desarrollar un proceso de conversión del nitrógeno orgánico a formas asimilables por las plantas tales como nitrato y amonio, llamado proceso de mineralización (Primo & Brady 1981).

El nitrógeno es el elemento que controla en mayor medida el crecimiento en un cultivo. No es exageración afirmar que el desarrollo de los cultivos está limitado más a menudo por una insuficiencia de este elemento que por cualquier otro elemento (Arzola et al., 1986).

El aprovechamiento efectivo del nitrógeno existente y del añadido con los fertilizantes es de interés primordial en la agricultura. Por ello es importante el conocimiento del estado y transformaciones de los compuestos nitrogenados en el suelo (Primo & Carrasco 1981).

En virtud de la necesidad del nitrógeno para la nutrición vegetal se realizó el monitoreo del proceso de mineralización de tres especies de leguminosas (*Mucuna sp.*, *Vigna radiata* y *Vigna unguiculata*) usadas como abonos verdes que permitiera estimar la cantidad de nitrógeno mineralizado que será disponible para un cultivo durante una época de crecimiento determinado. Estimando una curva de mineralización que permitiera estimar la velocidad de descomposición del material incorporado y el momento en que se producen las mayores liberaciones de nitrógeno mineralizado. Si se considera esta cantidad se podría predecir la cantidad de fertilizante que debe aplicarse, evitándose las proporciones excesivas de fertilización, que se traduce a altos costos de producción afectando aún la economía de los agricultores.

Con el estudio se pretendió obtener una alternativa que le permitiera a los productores hacer un uso correcto de los abonos verdes, tratando de disminuir los costos en concepto de compra de fertilizantes (urea 46 %), al mismo tiempo brindarle resultados sobre la importancia que tiene el realizar correctamente una buena fertilización, respetando las leyes generales de la fertilización, donde la utilización racional de los fertilizantes (orgánicos o sintéticos) consiste en emplear cantidades adecuadas, debido a que las aplicaciones en excesos representan gastos adicionales e incluso pueden afectar los rendimientos y calidad de la cosecha, de igual forma con las aplicaciones de fertilizantes demasiado escasas, lo ideal sería aplicar los nutrientes al suelo con tiempo suficiente para que las plantas dispongan de ellos en el momento en que más lo necesiten (Arzola et al., 1986).

## **II OBJETIVOS**

### **Objetivo general**

Estimar la velocidad de descomposición y liberación de nitrógeno de leguminosas usadas como abonos verdes en San Dionisio, Matagalpa.

### **Objetivos específicos**

1. Estimar la curva de mineralización de los restos vegetativos provenientes de tres especies de leguminosas.
2. Estimar el período de máxima producción y liberación de nitrógeno en cada una de las especies.
3. Observar el efecto de la temperatura y la humedad del suelo sobre la velocidad de descomposición del material en estudio.
4. Observar el efecto de la relación carbono / nitrógeno sobre la velocidad de descomposición de las distintas leguminosas.

## **III REVISION BIBLIOGRAFICA**

### **3.1 La materia Orgánica**

#### **3.1.1 Concepto y Contenido**

Buckman & Brady (1982) define a la materia orgánica como la sustancia conformada por los tejidos originales parcialmente descompuestos, raíces y partes aéreas de las plantas superiores y el humus señalando que el contenido de materia orgánica del suelo es pequeña encontrando alrededor del 3 al 5 % en peso en el caso de un suelo típico en su capa superficial.

Primo & Carrasco (1981) establece que la materia orgánica es aquella que se deriva de los residuos de plantas y animales continuamente transformados y del desarrollo de microorganismos que se nutren de dichos residuos y cuando mueren pasan a formar parte del contenido orgánico del suelo, describiendo un suelo pobre en materia orgánica aquel que posee menos de 2 % de materia orgánica total y ricos los que tienen un 2 - 3 % .

El mismo autor señala que en 1 ha de terreno de un país tropical se calcula que se incorporan al suelo unas 3 ton métricas de materia seca por año, lo cual se transforma en diversos productos que finalmente se convierten en humus. A partir de estas 3 ton métricas de materia orgánica primaria se desarrollan 1.5 tm de microorganismo (hongos, bacterias,..) y unos 300 kg de fauna.

Los bajos contenidos de materia orgánica lo presentan los suelos tropicales por sus altas y rápidas tasas de descomposición que se producen bajo esas condiciones (Sánchez, 1981).

#### **3.1.2 Componentes de la materia orgánica**

La materia orgánica esta compuesta por los residuos vegetales, animales y microorganismo que al sufrir el procesos de descomposición pasan a formar parte de la materia orgánica del suelo (Primo & Carrasco, 1981).

Alexander (1987) establece que la materia orgánica está constituida por, la materia orgánica nativa (humus) y la materia orgánica agregada (materiales carbonados agregados). Los materiales carbonados agregados, son todos los diversos sustratos de materiales vegetativos y de heterogeneidad química en su composición agregados a la superficie del suelo incorporándolos en él, donde están sujetos a la degradación de la microflora y condiciones ambientales; (precipitación, temperaturas, etc.). El humus, es una sustancia coloidal orgánica. Es materia orgánica transformada que ha perdido todo vestigio de organización biológicas (celular) y que, vista al microscopio, aparece como materia amorfa. El humus se conoce también con el nombre de mantillo.

El mismo autor señala que los constituyentes orgánicos de las plantas se dividen en seis grupos: a) celulosa, el constituyente químico más abundante, cuya cantidad varía del 15 al 60 %; b) hemicelulosa, que forma frecuentemente el 10 al 30 % del peso, c) lignina, que constituye el 5 al 30 % de la planta; d) la fracción soluble en agua, que incluye azúcares simples, aminoácidos, y ácidos alifáticos, que contribuyen del 5 al 30 % en peso del tejido; e) constituyentes solubles en alcohol y éter, grasas, aceites, resinas y f) proteínas que en su estructura poseen la mayor parte del nitrógeno o azufre vegetal.

La materia orgánica del suelo está representada por la acumulación de las plantas parcialmente destruidas y parcialmente resintetizadas y de los residuos de animales. Este sustrato formado por los residuos vegetales y animales está en un activo estado de desintegración a la vez, sujeto al ataque de la microflora del suelo.

Ulrike (1997) describe tres tipos de materia orgánica: la nutritiva de rápida descomposición, la nutritiva de descomposición moderada y la estable. La parte nutritiva es la que se descompone rápidamente en 1 a 2 meses ó moderadamente en 3 a 8 meses liberando nutrientes para los vegetales. La parte estable es el humus, permanece en el suelo por su resistencia a la descomposición debido a su contenido de lignina y tanino.

### **3.1.3 Descomposición de la materia orgánica**

La descomposición de la materia orgánica tiene dos funciones para la microflora del suelo; abastecerla de energía suficiente para el crecimiento y suministrar el carbono necesario para la formación de nuevos tejidos celulares. Es importante señalar dos procesos: la descomposición de la materia orgánica del suelo y la degradación de sustratos agregados. La descomposición de la materia orgánica nativa (humus) refleja la disponibilidad biológica del carbono del suelo, mientras que la liberación de dióxido de carbono, es una estimación de la biodegradabilidad de los compuestos. La mineralización es un término conveniente para referirse a la conversión de compuestos orgánicos al estado inorgánico (Alexander, 1987).

Durante la descomposición de la materia orgánica se distinguen tres procesos simultáneos y separados, primero al morir una planta o un animal, sus residuos se depositan en el suelo iniciando su descomposición, produciéndose su rápida depolimerización de proteínas y compuestos aromáticos; en una segunda etapa se produce la destrucción mecánica de los restos vegetales y animales y su mezcla con el resto del suelo. No hay cambios químicos. Durante la tercera etapa, la microbiología - bioquímica, se observa los mayores cambios químicos en la materia orgánica (Fassbender, 1984).

La velocidad de la degradación de la materia orgánica, depende en primer lugar de su composición química del sustrato; conforme la planta envejece, el contenido de constituyentes solubles en agua, proteínas y minerales desciende y el porcentaje de la abundancia de la celulosa, hemicélulosa y lignina se eleva, creando resistencia a la degradación microbiana (Alexander, 1987).



### **3.1.4 Factores que influyen en la descomposición de la materia orgánica**

#### **3.1.4.1 Temperatura**

La temperatura es una de las condiciones ambientales más importantes que determina la rapidez con la que la materia orgánica es descompuesta, un cambio en la temperatura alterará la composición de las especies de la flora activa y al mismo tiempo tendrá una influencia directa sobre los organismos de la comunidad. La degradación de tejidos vegetales aumentará con el aumento de la temperatura. Las máximas tasas de descomposición se llevan a cabo a temperaturas de 30 a 35, 37 y 40 °C, arriba de los 40 la velocidad de descomposición disminuye, excepto en aquellas circunstancias especiales en las que la descomposición termófila se inicia.

#### **3.1.4.2 Suministro de oxígeno**

El suministro de aire también rige el grado y tasa del catabolismo de los sustratos agregados; esto se debe a la importancia que representa el oxígeno en el metabolismo microbiano. La degradación de los principales constituyentes vegetales disminuye similarmente con el descenso del oxígeno (Alexander, 1987).

#### **3.1.4.3 Humedad**

El contenido de humedad en el suelo debe ser adecuada para que los microorganismos del suelo encargados de la descomposición de la materia orgánica no presenten ningún inconveniente, debido a que los altos niveles de humedad provocan la obstaculización del movimiento del oxígeno en el suelo, afectando así la respiración de todo organismo vivo y como respuesta se da una pobre actividad microbiana con una lenta descomposición de la materia orgánica. La respiración que la microflora del suelo desarrolla a expensas de nutrientes orgánicos simples o complejos es generalmente mayor alrededor del 60 a 80 % de la capacidad de retención de agua del suelo (Alexander, 1987).

### **3.1.4 Concentración del ion Hidrógeno**

Otro factor importante que determina la tasa de descomposición del carbono es la concentración del ion hidrógeno. Cada bacteria, hongo y actinomicetes tiene un pH óptimo para su crecimiento y un intervalo fuera del cual la proliferación celular no se efectúa.

La reacción del suelo influye en el contenido y composición de los microorganismos del suelo. Bajo condiciones ácidas se limitan las actividades bacterianas y de la macroflora resultando una menor eficiencia en la descomposición de la materia orgánica, pero la descomposición se lleva a cabo típicamente con mayor facilidad en suelos neutros que en suelos alcalinos y el tratamiento de suelos ácidos con cal acelera la descomposición de tejidos vegetales, compuestos carbonados simples o materia orgánica nativa del suelo (Alexander, 1987).

### **3.1.5 Edad de la planta**

La edad de la planta hace a la vegetación más resistente a la descomposición; los cambios con la edad de muchos constituyentes individuales han impedido una explicación final de la razón precisa de ese efecto. Gran parte de la resistencia adquirida con la edad, es consecuente de la abundancia de lignina.

Los tejidos suculentos se metabolizan más rápidamente que los tejidos de plantas maduras; conforme la planta envejece, su composición química cambia, el contenido de proteínas, nitrógeno y sustancias solubles en agua descende y aumenta la proporción de celulosa, lignina, y hemicélulosa (Alexander, 1987)

### 3.1.5 Importancia de la materia orgánica

Greenland & Dart (1972) han señalado las siguientes importancia de la materia orgánica para la agricultura:

1. Suple la mayor parte del nitrógeno, azufre y fósforo. El patrón de lenta liberación de nitrógeno y del azufre ofrece una ventaja definitiva sobre los fertilizantes solubles.
2. Suple la mayor parte de la capacidad de intercambio catiónico (CIC) de los suelos ácidos altamente meteorizados. Los descenso rápidos en materia orgánica dan como resultado una disminución pronunciada de la CIC.
3. Mediante la formación de complejos con materia orgánica, los óxidos amorfos no se cristalizan. La fijación de fósforo por óxidos disminuyen cuando los radicales orgánicos bloquean las cargas de fijación.
4. La materia orgánica contribuye a la agregación del suelo y de esa manera mejora las propiedades físicas y reduce la susceptibilidad a la erosión en suelos arenosos.
5. La materia orgánica modifica la propiedad retención del agua, particularmente en suelos arenosos.
6. La materia orgánica puede formar complejos con los micronutrientes, lo cual evita su lixiviación.
7. La materia orgánica es de mayor importancia en sistema de manejo que usan fertilizantes en forma efectiva y económica.

Fassbender (1984) señala que la importancia de los complejos organo - minerales radica en la estabilización producida en la materia orgánica. A través de esto se logra también una mayor

estabilización de los agregados del suelo y una mejora de muchas características físicas y químicas.

Ruol et al (1981) señala que el contenido de materia orgánica en el suelo es un parámetro usado para diferenciar los suelos ricos en materia orgánica de los suelos minerales. El contenido de carbono se usa para diferenciar suelos orgánicos (histosoles) de suelos minerales.

Soil Survey Staff (1969) señala que la acumulación de carbono orgánico por metro cuadrado se usa como criterio de diagnóstico en ciertos subórdenes y grandes grupos en el sistema comprensivo; como en el caso de ciertos suelos en zonas tropicales que tienen cantidades relativamente alta de materia orgánica en el perfil del suelo.

Fassbender (1984) señala la importancia de la materia orgánica explicando su influencia de esta sobre muchas características del suelo. Entre las propiedades físicas y químicas del suelo, la materia orgánica influye sobre:

1. El color; cambiándola a colores pardos oscuros o negruzcos.
2. La formación de agregados, favoreciéndola.
3. La plastisidad, cohesión, reduciéndola.
4. La capacidad de retención de agua, aumentándola mucho.
5. El intercambio de aniones, especialmente fosfatos y sulfatos, aumentándola.
6. La capacidad de intercambio catiónico, aumenta mucho.
7. La disponibilidad de N, P y S, favoreciéndola.
8. La regulación del pH a través del aumento de su capacidad tampón.
9. La producción de sustancias inhibidoras y activadoras del crecimiento, importantes para la vida microbiana del suelo.

## **3.2 Definiciones de abonos verdes y Mineralización**

### **3.2.1 Abonos verdes**

Los abonos verdes consisten en la incorporación al suelo mediante una labor de cultivo un material o cultivo en desarrollo, generalmente una leguminosa con el fin de incorporar nitrógeno y mejorar la fertilidad y propiedades del suelo (Salmerón & García, 1995).

La práctica de abono verde en la agricultura es el cultivo de especies vegetales nativas o introducidas, perennes o anuales, asociadas o no, en rotación o sucesión entre cultivos, con la finalidad de proteger, recuperar y mejorar las condiciones biológicas, físicas y nutricionales del suelo (Restrepo, 1996).

El abono verde se define como la incorporación al suelo de material verde no descompuesto, rica en agua y proteínas, con poco contenido de lignina, con el fin de mejorar algunas de sus propiedades físicas, aumentar el contenido de materia orgánica y suministrar algunos nutrimentos (Lora, 1983).

El abono verde es la práctica que consiste en incorporar al suelo plantas verdes, vivas, ricas en agua y proteínas y con poco contenido de lignina, y se hace con la finalidad de preservar o restaurar la producción de las tierras agrícolas como fuente de nutrientes y materia orgánica (Ulrike, 1997).

Se define abono verdes como la siembra de especies con bastante follaje en áreas de cultivo que sirven inicialmente como cobertura y luego son incorporadas al suelo para sembrar posteriormente en el mismo lugar un cultivo especialmente maíz (Meyrat, 1993).

### **3.2.2 Mineralización**

La mineralización no es más que un proceso de transformación mediante el cual el nitrógeno orgánico del suelo pasa a la forma inorgánica. La principal fuente de este elemento usada por las plantas que no lo fijan en simbiosis, es la forma mineral del suelo (Arzola et al., 1986).

Los restos vegetales y animales, son polímeros de compuestos orgánicos que durante el proceso de su transformación, son primeramente degradados y depolimerizados hasta constituyentes básicos. Como en este proceso se produce la formación de componentes inorgánicos (N, P, S) se le llama Mineralización (Fassbender, 1984).

La mineralización del nitrógeno consiste en una serie de procesos a través de los cuales los compuestos orgánicos, ya sea de la materia orgánica o de restos vegetales y animales recién incorporados al suelo, se transforman a formas inorgánicas nitrogenadas tales como amonio, nitritos y nitratos (Fassbender, 1984).

La mineralización es la liberación de óxidos sólidos mediante la descomposición de la materia orgánica (Buol et al, 1981).

## **3.3 DESCRIPCIÓN DE LAS ESPECIES USADAS EN EL ESTUDIO**

### **3.3.1 Características generales**

Frijol Terciopelo (*Mucuna Sp.* o *Stilozobium Sp.*).

Es una planta anual de porte vigoroso y hábito trepador. La inflorescencia es color blanquecina y a parece a los tres meses después de la siembra. El período vegetativo es 4 a 6 meses dependiendo de la variedad ya que muchos responden al fotoperiodo. Se caracteriza por ser una planta agresiva en su desarrollo (Folleto, 1994).

Planta anual trepadora de crecimiento vigoroso. Ciclo de vida de 4 a 6 meses hasta la floración. Las plantas mueren con la maduración. Necesita bastante agua para el crecimiento óptimo. Soporta mal el encarcamiento. Crece bien en todo tipo de terreno aún en los de poca fertilidad (TAO, 1992).

Es conocido con el nombre de frijol abono, pica lisa, pica mansa, caracterizándose por tener una tolerancia moderada a la sequía, poca a la inundación, excelente a la sombra y poca a la quema. Además, el incremento de nitrógeno al suelo, control de la erosión, control de malezas es alto a moderado (Ulrike, 1997).

El mismo autor señala que los requerimientos climáticos para su establecimiento son; temperaturas de 15 a 35 ° C, con temperaturas óptimas de 19 a 27 ° C, precipitaciones de 650 a 2,500 mm, con precipitaciones óptimas de 0 a 2,100 mm, altura de 0 a 2,100 m.s.n.m, con alturas óptimas de 0 a 1,600 m.s.n.m.

#### Frijol Mungo (*Vigna radiata*)

Los tallos son herbáceos y erectos. Las hojas son trifoliadas y son más o menos grandes. La inflorescencia es de color amarillo y aparece a los 35 a 40 días después de la siembra. Las vainas son cilíndricas y los granos son de color verde y pequeños. Los granos se desprenden cuando la vaina está seca. El ciclo vegetativo es de 50 a 90 días (Folleto, 1994).

Se conoce con el nombre de frijol chino o frijol mungo, caracterizándose por tener tolerancia buena a la sequía, moderada a la inundación, buena a la sombra, sin reportar información sobre el efecto de la quema, con su contribución a la fertilidad del suelo de alto a moderado (Ulrike, 1997).

El mismo autor señala que los requerimientos climáticos para su establecimientos son; temperatura de 20 a 40 ° C, con temperaturas óptimas de 28 a 30 ° C, precipitaciones de 600 a 1,800 mm, con precipitaciones óptimas de 750 a 900 mm, altura de 0 a 3,750 m.s.n.m, con altura óptimas de 0 a 1,850 m.s.n.m.



### Frijol Cowpea (*Vigna unguiculata*)

El ciclo vegetativo varía de 3 a 6 meses. Es una planta anual que puede ser erecta, trepadora o rastrera y de crecimiento vigoroso. En hojas, color de la flor y color del grano se presentan grandes diferencias entre las diferentes variedades existentes (Folleto, 1994).

El cowpea prefiere condiciones cálidas y húmedas. No soporta encharcamientos. Crece bien en todo tipo de terreno al igual que en suelos pobres en fertilidad y suelos con amplias gamas de textura arenosos arcillosos bien drenados (Jhonson, 1970)

Se conoce con los nombres de Alacín, frijol vara, frijol vaca, frijol lombriz, frijol varilla, caracterizándose por tener una tolerancia excelente a la sequía, poca a la inundación, excelente a la sombra y buena a la quema, con un incremento del nitrógeno de alto a moderado, igualmente en el control de la erosión, mala hierbas (Ulrike, 1997).

El mismo autor cita que los requerimientos climáticos favorables para su establecimiento son, temperaturas de 13 a 28 ° C, con temperaturas óptimas de 20 a 28 ° C, precipitaciones de 400 a 2,000 mm, con precipitaciones óptimas de 750 a 1,000 mm y altura de 0 a 1,500 m.s.n.m, con altura óptimas de 0 a 800 m.s.n.m.

### 3.3.2 Utilización

El Terciopelo es utilizado como cultivos de cobertura pero principalmente como abono verde donde presenta el mayor potencial y ventajas tanto corto como a largo plazo para el agricultor, pues mejora la estructura del suelo con un aumento de la materia orgánica (FAO, 1992).

El Mungo es utilizado comúnmente en el sistema de cultivo intercalado Maíz - Mungo, Rotación de cultivo y no tiene restricciones en su uso (Anon,1995).

El Cowpea es utilizado como cultivo protector para proteger al suelo contra efectos erosivos; como abono verde se incorpora toda la planta después de la cosecha (CECAVIH, 1993).



En el área de Santo Tomás del Norte, Chinandega, Nicaragua los campesinos tradicionalmente han realizado la siembra de Alacín (Cowpea) asociado con maíz, por la época de recolección de la cosecha de frijol, el sistema es llamado Octubreño (Meyrat, 1993).

### **3.3.3 Alimentación**

El Terciopelo no se recomienda para consumo humano, ya que posee sustancias tóxicas (Folletto, 1994).

Fenny (1973) recomienda el uso de la semilla de Terciopelo como alimento para el ganado acompañado de otros granos para evitar intoxicaciones a causa de L – Dopa.

Para consumo animal Palacios (1997) describe los siguientes atributos en el uso del Terciopelo:

#### **1. Pasturas**

Es el empleo más importante del Frijol Terciopelo, el ganado pasta y lo consume hasta que está bien maduro.

#### **2. Heno**

Dan un heno bastante malo, especialmente si se corta cuando está maduro ya que las hojas se desprenden fácilmente.

#### **3. Ensilaje**

Se puede obtener un buen ensilaje con el cultivo que le sirve de apoyo en general se vuelve negro después de algún tiempo, pero esto no perjudica su calidad.

#### 4. Legumbres

Cuando se suministra a los bovinos como concentrado resulta más económico moler las legumbres enteras que separar las semillas.

#### 5. Granos

El Terciopelo se puede utilizar como harina de semilla en raciones compuestas para toda clase de ganado (FAO, 1992).

El Mungo) está siendo utilizado por los agricultores para consumo humano, es decir, se puede consumir con su familia en forma de frijol cocido y frito, frijol cocido y licuado con crema, y en forma de vainas tiernas (Folleto, 1994).

El Cowpea se usa para consumo humano como verdura cuando las vainas están verdes y cuando están secas para el consumo como frijol común (CECAVIH, 1993).

Para el consumo humano se puede consumir como frijol cocido, cocido y frito, como vainas tiernas cocidas, en sopas como verdura, en nacatarales y como petit pois (Folleto, 1994).

### 3.3.4 Rendimientos

La producción de granos varía de acuerdo al arreglo de la siembra. La producción de grano, en terciopelo, es de 15 a 20 qq / mz dependiendo del arreglo de siembra que se haya plantado. Hasta los 4 meses después de sembrado, la producción de materia seca es de 20 a 25 ton / mz (Folleto, 1994).

El terciopelo registra 670 kg / ha y de 750 a 2,500 kg / ha (CIDICCO, 1993).

La producción de granos en Cowpea, que se obtiene por manzanas varía, puede ser de 8 a 14 qq.

La producción de materia seca es entre 20 y 24 toneladas métricas (Folleto, 1994).

FAO (1991) comprobaron que el rendimiento del cowpea es de 2,310 M. S / ha en verano.

La producción de granos en mungo puede ser de 5 a 14 qq / mz o más, representando un ingreso adicional para el agricultor. La cantidad de materia seca que produce es entre 10 a 14 ton / mz (Folleto, 1994).

### **3.3.5 Manejo del cultivo**

La preparación del suelo para el cultivo de Tercipelo, consiste primeramente en una limpia, luego se hace la siembra que puede ser, al espeque o con una sola raya de siembra.

La distancia de siembra se puede realizar a 30 pulgadas entre calle y de 6 a 8 pulgadas entre planta. Otro método consiste en distribuir 5 semillas por 1 metro cuadrado, utilizando con este método entre 50 y 65 lbs / mz.

No se recomienda hacer labores de limpieza ni aplicaciones fitosanitarias, ya que no lo afectan las plagas y enfermedades. Se recomienda hacer podas de los bejucos cuando este tiene de 3 a 4 hojas para la formación de la planta y evitar que se enrede con el cultivo principal.

En el cultivo de Cowpea, la preparación del suelo consiste en hacer una limpieza del terreno, posteriormente se hace uno ó dos pases de arado incluyendo la raya de siembra. Esta preparación es similar para el frijol común (*Phaseolus vulgaris*).

La siembra se hace a chorrillo sobre el surco; con una distancia entre surco de 12 a 24 pulgadas. No se recomienda hacer un control fitosanitario. Sirve de excelente cultivo trampa para la mosca blanca. En caso de utilizarlo como abono verde, se debe de hacer la incorporación al momento de la floración.

Para el cultivo de Mungo, la preparación del suelo consiste primeramente en una limpia, luego se hace un pase de arado o raya de siembra; se puede sembrar al voleo ó con mínima labranza.

La siembra se hace a chorrillo sobre el surco muy parecida a la siembra del frijol común.

La distancia de siembra utilizadas es de 8 a 15 pulgadas entre surcos y se necesitan de 40 a 60 lb / mz.

No se recomienda hacer control fitosanitario, ni aplicaciones de funguicidas excepto por presencia de plagas defoliadoras que tengan grandes consecuencia en el cultivo.

Si se guarda las semilla para la siembras futuras, hay que tratarlas con insecticidas y fungicidas específicos.

### **3.4 Ventajas de los Abonos verdes**

Morales (1987) señala las principales ventajas en el uso de los abonos verdes se debe a que estos 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 la humedad en el suelo, reducen algunas veces la incidencia de nemátodos en el suelo, disminuyen el uso de químico y las labores de limpieza de malezas, se obtiene una cosecha adicional según la variedad seleccionada y se pueden utilizar para el control biológico de malezas, fijan nitrógeno atmosférico, reducen la pérdida de nitrógeno por lixiviación gracias a la captación del nitrógeno durante la descomposición del material, restituyen al suelo fósforo y potasio que han sido absorbido en parte en el sub-suelo y son fáciles de producir e incorporar al suelo.

PASOLAC (1993) cita que los abonos verdes recuperan la fertilidad de los suelos, disminuyendo las labores de limpiezas de malezas, obteniendo una cosecha adicional según la variedad usada.

Los abonos verdes producen un aumento en el contenido de materia orgánica en el suelo, mejorando la estructura del suelo, estimulando procesos químicos y biológicos para los suelo a la

vez brinda cobertura a los suelos durante un período determinado (Anon, 1995)

Otras ventajas observadas en Brazil, afirmadas por Kage (1976) y citadas por Pereira y Kage (1980) son:

Economía en la adquisición de enmiendas y fertilizantes químicos, en virtud del mejoramiento en las condiciones de aprovechamiento de los nutrientes del suelo (Verdade, 1956).

Mejoramiento en la producción y calidad de los productos, lo que permite tener mejores precios.

En suelos infestados con nemátodos se reduce la población de los mismos consiguiéndose gran avances en los rendimiento de los cultivos evitándose gastos de nematicidas.

Permite el control de la erosión causada por la lluvia y el viento.

Restrepo (1996) señala las siguientes ventajas de los abonos verdes:

1. Los abonos verdes pueden proveer grandes cantidades de nitrógeno al suelo (hasta 200 kg / ha) por año.
2. Pueden agregar hasta 30 toneladas o más de materia orgánica por hectárea, mejorando así la capacidad de retención de agua del suelo, el contenido de nutrientes, la textura, la suavidad y hasta la profundidad de la capa superior del suelo.
3. Desde que el abono verde crece allí mismo donde se aplica, no presenta problemas de transporte tal como lo hacen el compost con el abono químico.
4. Los abonos verde no requieren ningún gastos de dinero después de la compra inicial de un poquito de semilla. Además no requieren de insumos químicos, así reduciendo la dependencia del agricultor de fuentes externas de fertilizantes, nutrientes y pesticida.

5. Los abonos verdes pueden hacerles sonrientas a la tierra para 11 meses al año, un factor importante para la protección del suelo y la manutención de materia orgánica en ella.
6. Los abonos verdes pueden proveer grandes cantidades de forraje de alto contenido proteínicos para los animales. Esto puede ser especialmente importante si está disponible durante los últimos meses de la época seca, por que la falta de alimento en estos meses representa muchas veces el factor limitante en las crianza de animales.
7. Los abonos verdes pueden proveer alimentos para el ser humano, incluyendo varias clases de frijoles, arvejas y vainas comestibles.
8. La cobertura de los abonos verdes pueden proteger al suelo de la erosión tanto eólica como hídrica.
9. Los abonos verdes pueden ayudar a los campesinos a conservar, a dejar algunas prácticas agrícolas tales como, la quema de los restos vegetales o el soltar a los animales durante la época seca. También se ha logrado comprobar que los agricultores dejen la agricultura migratoria.
10. Los abonos verdes pueden proveer un ingreso económico o algún otro producto secundario tal como la leña.
11. Algunos abonos verdes cuando se siembran intercalados con granos básicos, controlan malezas eliminando así una o dos limpieas y resultando a veces en una disminución neta de la mano de obra requerida por el cultivo.

### **3.5 Desventajas de los Abonos Verdes**

Morales (1997) señala las siguientes desventajas:

Durante el primer año se puede tener una disminución de los rendimiento por competencia, se requiere de labores adicionales de siembra y poda para su establecimiento. Cuando se utilizan en

pendientes mayores existe peligro de deslizamiento causado por la acumulación de humedad si no se combina con otras prácticas de conservación, se requiere de semillas y capacitación para el manejo de las mismas, en cultivo asociado se necesita realizar podas para evitar competencia con el cultivo principal, el efecto benéfico se nota solamente hasta el segundo año, es necesario realizar inoculación con la semilla con la cepa de *Rhizobium* adecuada cuando la leguminosa sembrada no tiene nodulación activa, el beneficio en condiciones tropicales es a corto plazo ya que el material vegetal fresca es rápidamente reciclada, el costo de incorporación ya sea con maquinaria o mano de obra hace en muchos casos, que esta práctica sea prohibida.

Anon (1995) señala que existe la posibilidad de que algunas sean hospederas de plagas. En el primer año la relación C/N es alta y puede afectar los rendimiento del maíz. El uso por mucho tiempo puede causar problemas de exceso de nitrógeno en el suelo. Requiere de la siembra de maíz en postrera que no se recomienda por efecto de la chicharrita y el achaparramiento.

Las dificultades prácticas que plantean estos cultivos, en huertos frutales, para utilizarlos como abono verdes están en conseguir que se establezcan sin interferir con la recolección, así como en cuidar de que no mueran prematuramente por las asperciones utilizadas en los árboles, para combatir o prevenir enfermedades (Arzola et al., 1986).

### **3.6 Características que deben poseer las plantas para ser utilizadas como Abono Verde**

Buckman & Brady (1982) describe que un abono verde debe poseer tres características importantes; un follaje abundante y succulento, un crecimiento rápido y habilidad de crecimientos en terrenos pobres en fertilidad; describiendo que a más rápido crecimiento, mayor es la posibilidad de aptitud para ser introducida en una rotación y su uso económico como medios de mejoramientos del suelo. Follajes abundantes y raíces profundas son, desde luego, algo necesario y como ya se a dicho antes, a mayor contenido de humedad en el abono verde más rápido es la descomposición y más pronto se obtienen los beneficios.



PASOLAC (1993) establece que los abonos verdes deben tener tallos no leñosos, por lo menos durante su primer año de desarrollo con un crecimiento vigoroso en los suelos más pobres sin la aplicación de ningún tipo de fertilizante y crecer bien con las más mínimas preparación del suelo, y sembrado con chuzo o al voleo. La planta no debe tener plagas ni enfermedades que no la dejan crecer vigorosamente sin la aplicación de pesticidas ó trabajos culturales. Las leguminosas deben ser resistentes a la sombra, para poderla sembrarla intercalada con granos básicos o bajo árboles frutales, y a la sequía, para que crezca en la época seca. Además debe fijar fuertes cantidades de nitrógeno e incrementar notablemente los rendimiento de los cultivos que le siguen.

La características deseables que deben poseer las plantas a ser usadas como abono verde, son señalados por Morales (1997) de la siguiente manera:

Debe ser preferiblemente aquella que pueda enriquecer el suelo con nutrientes como lo son las leguminosas, incorporándose al suelo en condición succulenta, con un desarrollo foliar vigoroso, con el fin de incorporar una mayor cantidad de materia verde al suelo. De forma general debe alcanzar un buen desarrollo para que pueda contribuir con suficiente materia orgánica por hectárea en los suelos que se tratan de beneficiar. El tamaño adecuado de las plantas facilitan el uso de la maquinaria con que se cuente, de tal forma que el manejo a la incorporación sea eficiente. Debe cubrir adecuadamente la superficie del suelo.

### **3.7 CARACTERÍSTICAS DE UN ABONO VERDE PARA LOS TRÓPICOS**

Restrepo (1996) detalla las características siguientes:

1. Las semillas deben ser tratadas, fáciles de conseguir, cosechar, guardar, reproducir y conservar en lo mínimo por un período de un año y no depender de insumos externos a la propiedad o comunidad rural.
2. Ser de rápido crecimiento y tener una elevada capacidad de cubrir el suelo en un mínimo de tiempo.



3. Resistente y de fácil adaptación a las variaciones climáticas tropicales.
4. Producir gran cantidad de biomasa y material seco, principalmente en el caso de las gramíneas.
5. Tener sistema radicular subsolador y recuperar suelos degradados física, química, y biológicamente.
6. Fácil de sembrar y manejar como un cultivo único ó asociado con otros cultivos.
7. Presentar características de múltiples usos, energéticos (carbón y leña), forraje y nutricionales para animales y el mismo hombre.
8. Representar una opción sociocultural ecológica y económica para la propiedad o comunidad campesina.

### **3.8 COMPORACIÓN DE LOS ABONOS VERDES CON LOS COMPOST**

Los abonos orgánicos a través de las aboneras o composteras son una tecnología recomendable para programas de desarrollo agrícola, pero resulta muy interesante compararla con los abonos verdes para ver su valor relativo para el pequeño agricultor.

1. El compost sencillamente procesa la materia orgánica de la cual uno ya dispone, mientras el abono verde puede agregar hasta 30 ton / ha de materia orgánica nueva a la que uno ya tiene. Esto puede ser una consideración importante, por que muchos campesinos no disponene de materia orgánica ya la están aprovechando de alguna manera (como para pasto, leña, etc).
2. Una abonera bien manejada puede devolver a la tierra hasta 98 % del nitrógeno con que empezó. Un abono verde, sin embargo, puede agregar cientos de kilogramos a la tierra, además de los que tuvo al comienzo.

3. Un compost lleva una enorme cantidad de materia orgánica, como lo sabe ya cualquier persona que haya hecho uno. De hecho, el compost es antieconómico para uso en la mayoría de granos básicos. Muchas veces el compost paga en el cultivo de verduras, pero no así en maíz y frijol.

4. Aunque un abono verde lleva un poco de trabajo en la siembra y cuesta enterrarlo, no lleva ni la mitad de trabajo que lleva una abonera. En algunos casos, los abonos verdes pueden ahorrar una a dos limpias entre el maíz, reduciendo en forma significativa la mano de obra necesitada durante la época de más trabajo para el agricultor.

5. El compost necesita de agua. Esto a menudo significa que el compost se tiene que hacer lejos del campo donde se utiliza o no se hace definitivamente. Los abonos verdes aprovechan el agua de lluvia y se siembran allí mismo donde se utiliza.

6. El compost no es una fuente de alimento ni para los animales ni para el ser humano. Los abonos verdes sí lo son.

### **3.9 Sistemas de abonos verdes**

Las palantas que utilizan como abonos verde pueden ser utilizados en rotación, sucesión o en asocio con los cultivos. Las diferentes posibilidades de la integración de los abonos verdes a los sistemas agrarios se describen por Ulrike (1997) de la siguiente manera:

#### **1. Cultivo precedente**

Es la siembra del abono verde como cultivo principal, crece sin competencia de otro cultivo pero se pierde el uso del terreno durante el ciclo del abono verde. Puede ser una práctica apropiada en zonas y fincas con suficientes tierras agrícolas.

#### **2. Cultivo en relevo**

La época del abono verde se solapa con el inicio o el final de otro cultivo. Esto ayuda a ampliar la

época de crecimientos de la leguminosas y evita que el suelo quede desnudo después de la cosecha del cultivo comercial.

### 3. Intercalado a cultivos perennes

Es la siembra simultánea de leguminosa en plantaciones de cultivo perennes (frutales, café, palma africana, cacao, etc).

### 4. Cultivos asociados a cultivos anuales

Es la siembra de leguminosas de granos o de coberturas asociadas a un cultivo de grano básico. Por ejemplo; Maíz - Frijol o Maíz - Terciopelo. Este es el sistema más usual en las pequeñas propiedades.

### 5. Barbecho mejorado

En terrenos que ya no son productivos, se siembran los abonos verdes para agregarle materia orgánica y nutrientes al suelo, y a la vez para proteger el terreno contra la erosión. En este sistema se utilizan especies leguminosas herbáceas, arbustivas y árboles.

### 6. Cultivo en callejones

Se siembran árboles ó arbustos en hileras de 4 a 8 metros de distancias con un cultivo. El material vegetal que se aplica al suelo son las hojas y ramas delgadas provenientes de la poda de los arbustos ó árboles.

Se siembran por ejemplo, maíz y frijol con leucaena o yuca con crotalaria o gandúl.

### 7. Barreras vivas e hileras de especies leguminosas arbóreas.

Se siembran árboles o arbustos leguminosas en contorno en terrenos con pendientes para que sus

raíces amarren el suelo y formen una barrera contra la erosión. Las hojas provenientes de la poda se utilizan como abono verde.

### **3.10 Proceso de Mineralización del Nitrógeno Orgánico**

Alexander (1987) cita que el nutriente que más necesita en mayor cantidad la planta es el nitrógeno. Sin embargo, a pesar de su función crítica en la nutrición del vegetal, el nitrógeno es asimilado casi completamente en el estado inorgánico en formas de nitratos o amoníaco, encontrándose la mayor parte de los materiales nitrogenado encontrados en el suelo o que se agregan en forma de residuos vegetales, es orgánica y por lo tanto no aprovechable, necesariamente deben ser transformados para ser asimilados.

La mineralización del nitrógeno consiste en una serie de procesos a través de los cuales los compuestos orgánicos; ya sea de la materia orgánica o de los residuos vegetales o animales recién incorporados al suelo, se transforman a formas inorgánicas nitrógenadas

Los compuestos nitrogenados presentes en la fracción orgánica del suelo permanecen por largos periodos en el suelo, siendo tan resistentes al ataque microbiano que solo una pequeña porción del suelo es mineralizado en cada estación de crecimiento. El nitrógeno resiste al ataque microbiano, siendo cambiado a formas inorgánicas a un ritmo de 1 – 2 % anualmente. Esta resistencia anormal a la degradación a despertado considerable interés y se han propuestos varias hipótesis para explicar la lenta mineralización (Alexander, 1987).

La primera hipótesis señala que los compuestos nitrogenados forman complejos o polimeros con fenoles o polifenoles, dando por resultado sustancias nitrogenadas menos susceptibles a la digestión.

Davies et al (1964) & Verma et al (1975) citado por Alexander (1987) indican que existen experimentos que apoyan esta hipótesis en los que se demuestran que las proteínas unidas a polifenoles y aminoácido enlazados con fenoles forman polimeros resistentes al ataque microbiano, en contraste con las proteínas y aminoácidos libres.

La segunda hipótesis describe que los minerales de arcillas inmovilizan sustratos nitrogenado atrapándolos dentro del cristal arcilloso. Las enzimas proteolíticas extracelulares, las cuales son proteínas, son absorbidos por las arcillas de este modo se vuelven menos activos.

Alexander (1987) establece que el estudio de la mineralización del nitrógeno (humus, proteínas, ácidos nucleicos ó materiales relacionados) se determinan midiendo la formación de nitrógeno mineral. Los primeros microbiólogos limitan su análisis al amonio, el primer producto inorgánico, pero pronto se encontró que sus resultados eran erróneos, utilizándose la producción de nitrato como criterio para detectar la mineralización.

Primo & Carrasco (1981) establece que el proceso de mineralización se realiza en dos fases; amonificación, en la que el nitrógeno orgánico es convertido en iones de amonio, y la nitrificación que es la oxidación del ion amonio a nitrato.

### **3.10.1 Amonificación**

La degradación de la materia orgánica por los procesos hidrolíticos, debidos a la humedad, a los ácidos y bases del suelo y a las enzimas de su flora y fauna, pueden liberar amoníaco, pero la acción degradativa más importante se debe a las bacterias anaeróbicas, que reducen el nitrógeno a amoníaco, el cual se une a los iones de hidrógeno para dar iones de amonio.

El amonio está asociado típicamente con el exceso de productos de desechos en el metabolismo microbiano, en donde el amonio acumulado representa la cantidad de nitrógeno del sustrato que sobre pasa a la demanda microbiana, proceso conocido como amonificación (Alexander, 1987).

Arzola et al (1986) señala que la transformación de nitrógeno a amoniacal no requiere de una clase específica de organismo. Está primera etapa recibe el nombre de amonificación, por que la microflora del suelo produce típicamente amonio o a partir de los compuestos orgánicos cuando libera más nitrógeno del que sus miembros pueden asimilar en sus propios protoplasma.

El amonio resultante de la amonificación puede ser: convertido a nitritos o nitratos. Absorbidos por las plantas. Utilizados por organismos heterotróficos en la descomposición de la materia orgánica.

Fassbender (1984)<sup>9</sup> describe que el amonio puede ser absorbidos por las plantas. Absorbidos por los minerales arcillosos o por la materia orgánica. Inmovilizados por los microorganismos, lixiviados a través del suelo. Oxidados hasta el nivel de nitrato en el proceso de nitrificación.

### 3.10.2 Nitrificación

Alexander (1987) indica que la nitrificación está asociada con las reacciones que producen energías en el metabolismo de las bacterias autótroficas.

Arzola et al. (1986) señala que el amonio liberado de las formas orgánicas puede permanecer como tal o ser transformadas a nitritos, nitratos, fenómeno conocido como nitrificación. Esto tiene lugar en dos etapas, por organismo autotrófos que obtienen su energía de la oxidación. Las transformaciones del amonio en nitratos y nitritos requiere de oxígeno, la ausencia de este elemento provoca la terminación del proceso.

Fassbender (1984) señala que el amonio resultante de la mineralización del nitrógeno y/o aplicado al suelo en formas de fertilizantes, es oxidado en el suelo, pasando primero a formas nitrosas y luego a nítricas. Al conjunto de estas procesos se le conoce como nitrificación.

Además señala que la primera reacción de transformación a nitrato lo realizan las bacterias del grupos; *Nitrosomonas*, *Nitrosococcus*, *Nitrospira*, *Nitrosoglea*, y la segunda transformación a nitratos, las realizan bacterias como *Nitrobacter* y *Nitrocystis*.

## **IV MATERIALES Y METODOS**

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

El área de estudio se ubica en la subcuenca del río Cálico 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 Cálico, 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 Martín Rodríguez en la comunidad El Cóbano, municipio de San Dionisio, departamento de Matagalpa. El municipio de San Dionisio se ubica a 165 km de Managua (3.5 horas) 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

### **4.2 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 del año las direcciones EN. Las precipitaciones oscilan entre 850 a 1500 mm distribuidas en todo el año (INETER, 1998).

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 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.

### 4.3 Suelo

Los órdenes de suelo que predominan en la zona son Entisoles blanco, Vertisoles, Inceptisoles y alfisoles ocupando el 90.61 %, 4.76 %, 2.11 % y 2.32 % del área del suelo Huelvas & Rodríguez, 1998).

El relieve en su mayoría está formada por terrenos ondulados o quebrados superficiales, pedregosos o zonsocutosos (CIAT - Laderas, 1997).

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

Tabla 1. Algunas propiedades físicas y químicas del sitio experimental. El Cóbano, San Dionisio 1998.

Propiedades	Unidad	Valor	Método
pH en agua	-	6.6	Potenciométrico relación 1:2.5
M.O	%	5.11	Walkey Black
N total	%	0.25	Kjeldahl
Fósforo	ppm	16.44	Olsen Modificado
Potasio	Meq/100 g	0.76	Olsen Modificado
Textura	-	Franco - Arcilloso	Pipeta de Robinson



#### 4.4 Historia agraria del sitio experimental

Historicamente la estratificación campesina esta conformada en su mayoría por campesinos pobres y proletario agrícola industrial 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 ganaderia. 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 & Rodríguez, 1990).

#### 4.5 Preparación de parcelas para la obtención de Biomasa

Para el estudio del proceso de mineralización se utilizo el metodo de litter Bag. El área experimental estuvo conformado por tres parcelas bases (Tabla 2) de 5 metros de ancho y 10 metros de largo, para un área unitaria por parcelas de 50 metros cuadrados, con una letra que la identificaba una de la otra para evitar equivocaciones en el transcurso del manejo del ensayo. En total, el área fue de 150 m<sup>2</sup>.

Tabla 2. Descripción de los bloques experimentales

Especies	Identificación	Area (m <sup>2</sup> )
Mungo	A	50
Cowpea	B	50
Terciopelo	C	50
Area Total		150

Se realizó una limpieza en los 150 m<sup>2</sup>, posteriormente se procedió a la siembra de las especie en sus respectivas parcelas, previamente identificadas para un mejor manejo del ensayo, con la finalidad de obtener biomasa para el llenado de las canastas de mineralización y estimación de la producción de materia verde y materia seca, utilizándose el metodo el siembra a chorrillo y con un gasto de semilla de 6 lbs, sin realizarse niguna labor de cultivo.

Por tener ciclos vegetativos distintos las especies en estudio (Terciopelo: 4 a 6 meses, Mungo: 35 a 40 días y Cowpea; 3 a 6 meses) se estableció como criterio un período de un mes, realizándose la siembra el 3 de mayo de 1998 y la cosecha de la biomasa, el 3 de junio de 1998.

Las canastas de mineralización consisten en una maya de naylón de 20 cm de ancho por 40 cm de largo, cerradas en los bordes con hilo de naylón, con una capacidad de almacenamiento de biomasa en su interior de 100 g. En total se confeccionaron 144 canasta, distribuidas de la siguiente manera: 48 canastas con biomasa de *Vigna radiata*, 48 canasta con biomasa de *Vigna unguiculata* y 48 canastas con biomasa de *Mucuna sp*, respectivamente las cuales fuerón enterradas a 10 cm y con una separacion entre canasta y canasta de 1m<sup>2</sup>.

El muestreo de las canastas de mineralización se realizó por un período de 16 semanas, iniciando desde el momento de su entierro (3 junio ). Paralelamente se llevarón registros de temperatura y precipitación para conocer el efecto de estas sobre el proceso de mineralización. La estación meteorológica con que trabajamos fue la Estación Muy Muy, según recomendaciones del departamento de meteorologia de INETER. Esta estación climatológica se ubica a 320 m.s.n.m y con coordenadas de 12° 45° 48° y 85° 37° 36°.

Semanalmente se recolectaron 3 muestras al azar por parcelas, para un total de 9 canastas muestreadas. Las muestras inmediatamente después del muestreo se secarón al horno a 65°C por un tiempo de 48 horas para determinarle el peso seco residual en cada una de ellas. Las canastas muestreadas semanalmente se les realizó un análisis químico de la materia seca, para determinar su contenido de nitrógeno orgánico y carbono orgánico, utilizando el método de Kjeldahl y el método de combustión húmedad con calor interno.respectivamente. Los resultados obtenidos se promediaron para obtener resultados con mayor confiabilidad.

## **4.6 Procesamiento de la base de datos**

La información recopilada y los resultados obtenidos de los análisis, fueron procesados en programa Microsoft Word 97 y Microsoft Excel 97.

## **4.7 Variables evaluadas**

Las variables evaluadas en el estudio fueron:

### **1. Estimación de la producción de Biomasa y Materia seca en las especies de leguminosas**

La finalidad de esta variable fue la de realizar una estimación de la producción de biomasa y materia seca en las especies en un período de un mes de ciclo de vida.

### **2. Velocidad de descomposición de las muestras incorporadas**

Con esta variables 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.

### **3. Relación C/N**

Esta variable estimó el contenido de carbono y nitrógeno en la biomasa a incorporar al suelo y se utilizó para conocer el efecto de la relación C/N sobre la velocidad de descomposición del material vegetativo incorporado sujeto a la degradación microbiana en el suelo.

### **4. Aporte de nitrógeno al suelo**

Esta variable estimó el aporte de nitrógeno del material incorporado tomando como criterio el contenido de nitrógeno presente en la materia seca y la incorporación de 1 ton de materia seca al suelo.

## **5. Curva de mineralización de las tres especies en estudios**

Esta variable determinó la velocidad de descomposición y liberación de nitrógeno, proceso de mineralización, del material vegetativo incorporado al suelo de cada especie en estudio. El objetivo de medir esta variable fue el de llegar a concluir cuál de las tres especies en un determinado tiempo de descomposición, libera más nitrógeno.

## V RESULTADOS Y DISCUSION

### 5.1 Producción de Materia Verde y Materia Seca

Rodríguez & Díaz (1988) consideran que la biomasa o materia seca de las leguminosas son importantes por su aporte de nitrógeno al suelo expresado en materia orgánica. Este elemento es aportado al suelo mediante su fácil descomposición de la materia orgánica por parte de los microorganismos del suelo.

En la Tabla 3 se muestra la estimación de la producción de materia verde y materia seca para un período de un mes en el sitio experimental. Los valores encontrados oscilan entre 11.30 a 18.15 ton M.V / ha y 9.97 a 13.81 ton M.S / ha. Comparando los resultados obtenidos por especies, el cowpea es la especie que presenta la mayor producción de materia verde (18.15 ton / ha) y materia seca (13.81 ton / ha) seguido del mungo con producción de 12.24 ton M.V / ha y 10.40 ton M.S / ha. El terciopelo es la especie que produjo menos materia verde con una producción de 11.30 ton / ha y 9.97 ton / ha de materia seca. \*

Vansitjain y Corea (1992) encontraron una producción de 36.3 ton M.V / ha y 8.10 ton M.S / ha para el Cowpea en un ciclo de 60 días, para el Mungo 20.4 ton M.V / ha y 5.4 ton M.S / ha en un ciclo de 50 días.

Ulrike (1997) encontró una producción de 45.18 ton M.V / ha para la especie terciopelo en un ciclo de 120 días, sin reportar la producción de materia seca en ese período.

Comparando los resultados encontrados por los autores antes señalados, con los nuestro, aparentemente entre mayor es el tiempo de establecimiento de un cultivo, mayor es la producción de biomasa y contenido de materia seca. Probablemente las condiciones locales donde se realizó el ensayo, favorecieron los resultados obtenidos en la Tabla 3.

Lo importante en el momento de usar los abonos verdes, según Morales (1997), estos deben de incorporar de 20 a 50 ton / ha de biomasa con un contenido en materia seca de 10 a 15% y los resultados dependerán de las condiciones climáticas de la región y del grado de erosión del suelo.

Tabla 3. Estimación de la producción de materia verde (M.V) y materia seca (M.S) para un período de un mes en el sitio experimental.

Especie	M.V (ton / ha)	M.S (ton / ha)
Terciopelo	11.30	9.97
Mungo	12.24	10.40
Cowpea	18.15	13.81

## 5.2 Velocidad de descomposición

Numerosos factores afectan la mineralización de materiales orgánicos agregados al suelo. La velocidad a la cual el sustrato determinado se degradará dependerá de su composición química y de las condiciones físicas y químicas del medio circundante. La tasa de degradación de los materiales orgánicos están determinados por la temperatura, suministro de oxígeno, pH, nutrientes inorgánicos y la proporción C/N de los restos vegetales (Alexander, 1987).

En la Figura 1 se presenta la velocidad de descomposición de las especies en estudio. Comparando el tiempo que necesitó cada especie para su total degradación, encontramos que a partir de los primeros 15 días después de la incorporación se producen en las especies la mayor descomposición del material incorporado, debido a que más del 80 % de la biomasa incorporada se descompone en ese período de tiempo, coincidiendo con Morales (1997) quien señala que el material incorporado de las leguminosas se descomponen en un período de 15 días después de la incorporación.

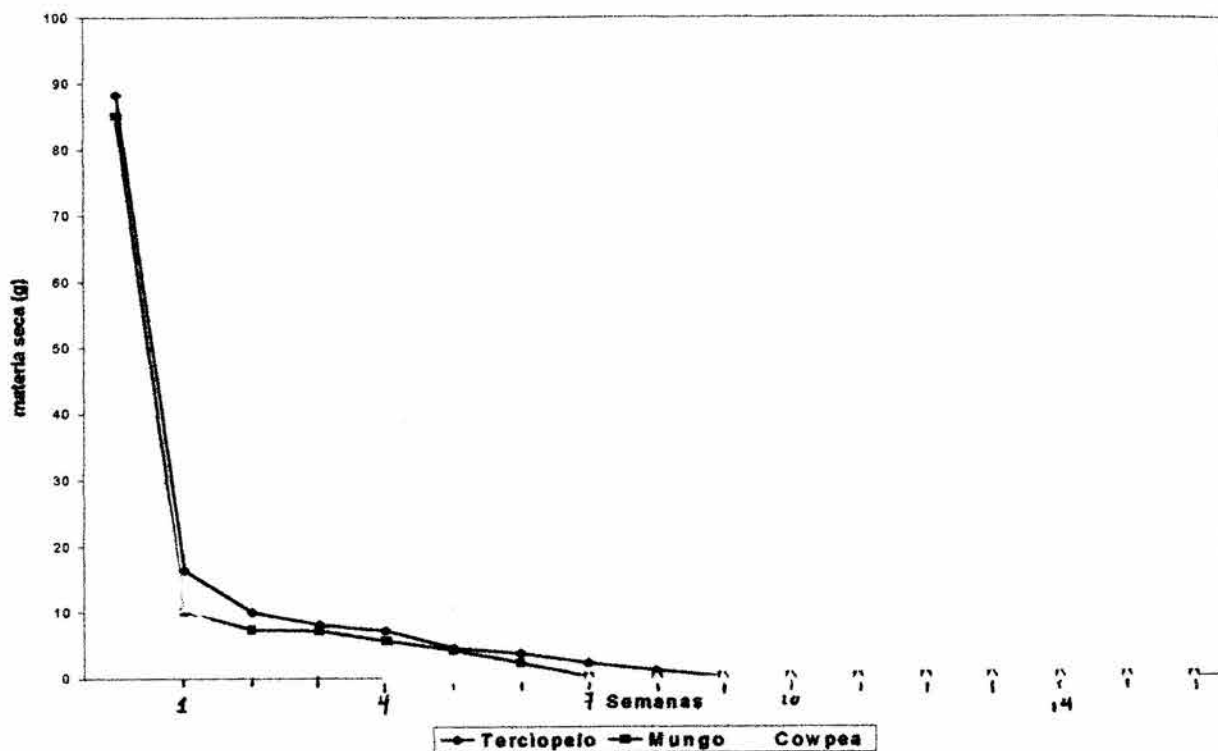


Figura 1. Velocidad de descomposición en las tres especies en estudio.

Además, se observa que al realizar una comparación entre las curvas de la velocidad de descomposición por especie, se muestra que la especie cowpea, fue la especie que se descompuso más rápidamente, necesitando de cuatro semana para su total degradación, seguida por la especie mungo quien necesitó de siete semana para su total destrucción, siendo la especie terciopelo, la especie que necesito de mucho más tiempo (diez semana) para descomponerse totalmente.

En la Figura 2 se muestra la cantidad porcentual de la materia seca descompuesta por especie, donde se observa que al realizar una comparación entre las curvas por especie, se observa que durante la primer semana se produce un descenso rápido de las curvas, indicando que durante este período se produjo una fuerte descomposición del material incorporado, observandose que

más del 80 % del material vegetativo incorporado en el suelo se descompone durante la segunda 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.

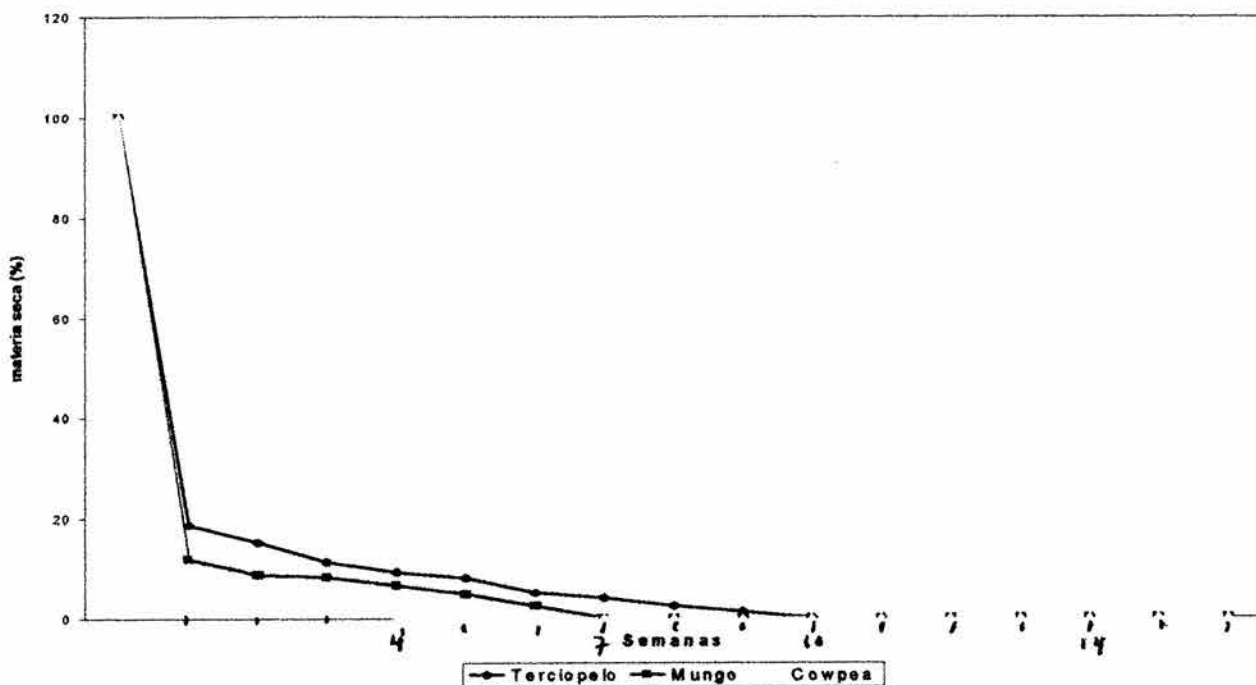


Figura 2. Disminución porcentual de materia seca descompuesta por especie.

Los resultados obtenidos (Tabla 4) indican que la velocidad a la cual un sustrato orgánico será metabolizado, dependera principalmente de su composición química, grado de succulencia del material incorporado, debido a que los tejidos de materiales succulentos, como el caso de las especie cowpea y mungo, quienes presentarán el primer y segundo lugar en más bajo porcentaje de materia seca (Tabla 5) se descomponen 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 terciopelo (Tabla 5).



Lo anteriormente descrito, coincide por lo dicho por Alexander (1987) el cual indica que durante el proceso de descomposición de la materia orgánica juega un papel importante el contenido de lignina y tannino, celulosa, hemicelulosa, 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 y 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 que su persistencia no es muy amplia.

En la Figura 3 se ilustra el efecto de la precipitación sobre la velocidad de descomposición del material descompuesto por especie, indicándonos los resultados que las precipitaciones registradas en el sitio experimental crearon condiciones de humedad adecuadas que favorecieron la descomposición del material vegetativo incorporado al suelo, y que las actividades microbianas no fueron aparentemente afectadas por los excesos de humedad citado por Alexander (1987), debido a que los altos niveles de humedad producen efectos negativos sobre las actividades microbianas, reduciéndolas por el efecto indirecto del agua ya que esta obstaculiza el movimiento del aire en el suelo, limitando el intercambio gaseoso, 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.

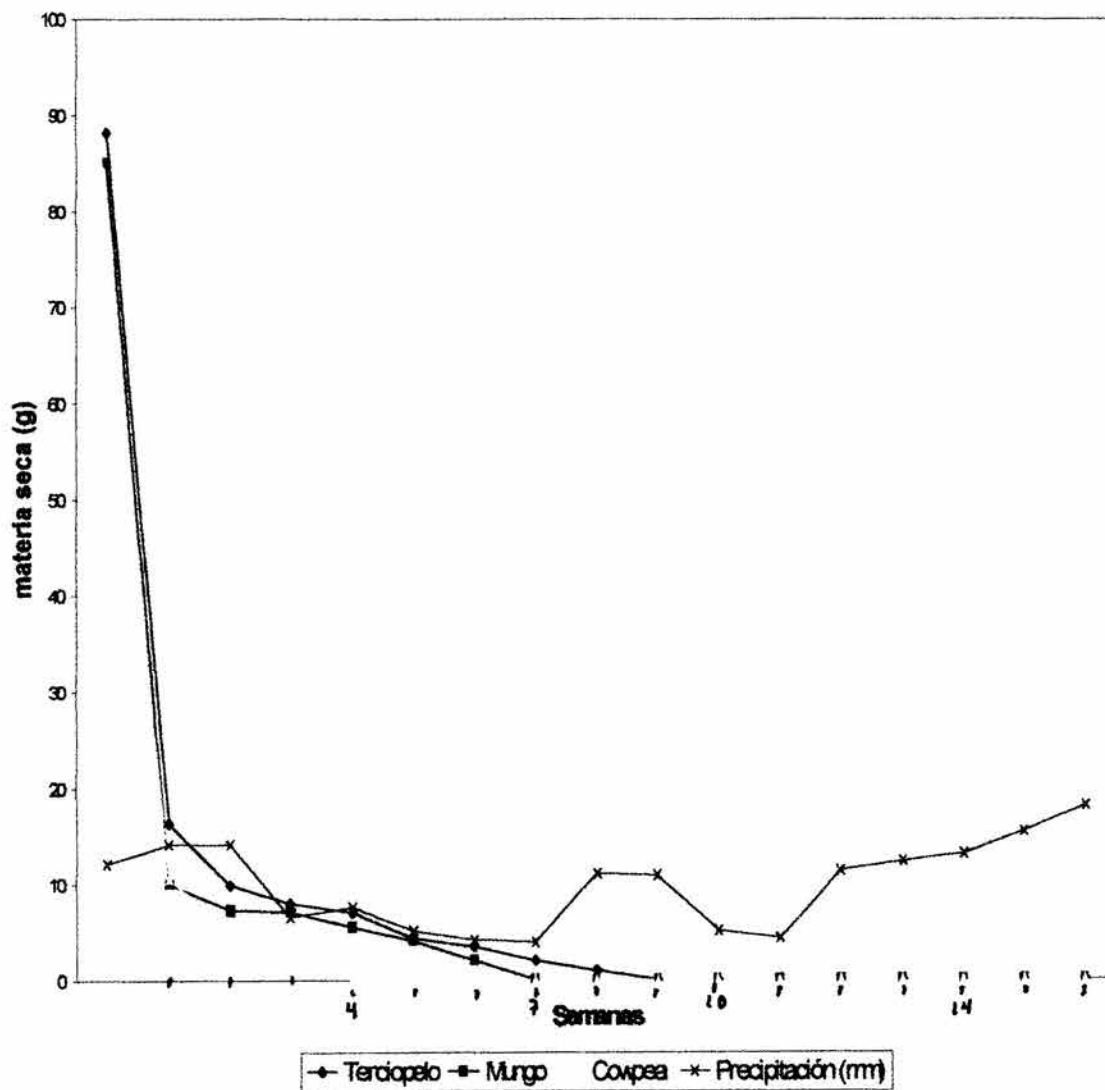


Figura 3. Efecto de la precipitacion (mm) sobre la velocidad de descomposicion del material incorporado.

Tabla 4. Valores de materia seca (g) y porcentual (%) obtenidos en el monitoreo de la velocidad de descomposición en las especies en estudio.

Semana	Terciopelo (g)	Mungo (g)	Cowpea (g)
0	88.20 (100 %)	85 (100 %)	76.07 (100 %)
1	16.33 (18.51%)	10.00 (11.76%)	8.00 (10.52 %)
2	13.33 (15.11 %)	7.33 (8.62 %)	4.33 (5.60 %)
3	9.90 (11.22 %)	7.00 (8.24%)	3.00 (3.94 %)
4	8.00 (9.07 %)	5.50 (6.47%)	0
5	7.00 (7.94 %)	4.00 (4.71%)	0
6	4.33 (4.91 %)	2.00 (2.35%)	0
7	3.50 (3.97 %)	0	0
8	2.00 (2.27 %)	0	0
9	1.00 (1.13 %)	0	0
10	0	0	0
11	0	0	0
12	0	0	0
13	0	0	0
14	0	0	0
15	0	0	0
16	0	0	0

De acuerdo a los datos señalados en la Tabla 5, los resultados se aproximan a los obtenidos por el Laboratorio de Bromología de la Universidad Nacional Agraria (1998) registrando 88.47%M.S, 85.29%M.S y 76.05%M.S para el Terciopelo, Mungo y Cowpea respectivamente.

Tabla 5. Porcentaje de materia seca y contenido de humedad en las especies en estudio.

Especie	P.F(g)	P.S(g)	% M.S	% H	G(agua)
Terciopelo	407	359	88.20	11.80	48
Mungo	380	323	85	15	57
Cowpea	397	302	76.07	23.93	95

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

En la Figura 4 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, tuvieron efecto sobre 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.

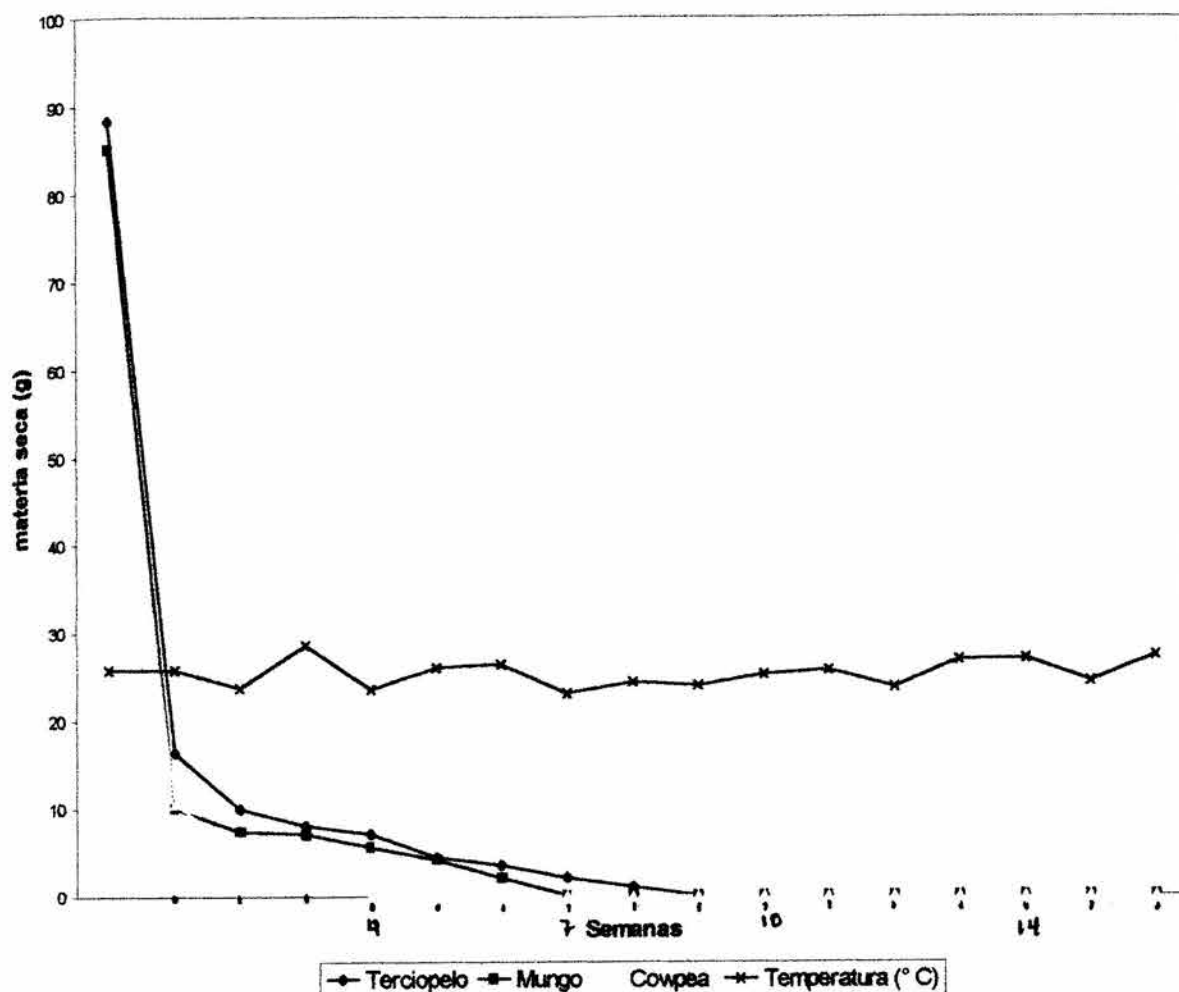


Figura 4. Efecto de la temperatura ( $^{\circ}$  C) sobre la velocidad de descomposicion del material incorporado.

No podemos señalar un rango óptimo de temperatura para la descomposición de la materia orgánica, debido a que la materia orgánica sujeta al efecto degradativo microbiano proviene de varias fuentes y de composición química distintas cuyas poblaciones microbianas varían de localidad a localidad y se alteran aun en un mismo sitio con tratamientos diferentes de residuos vegetales, pero si afirmamos que las temperaturas registradas en el sitio experimental durante el estudio, las cuales oscilan entre  $22.9^{\circ}$  C y  $27.1^{\circ}$  C, son temperaturas que se encuentran en el intervalo de 5 a  $30^{\circ}$  C, señalados por Alexander (1987) como óptimas, además las temperaturas

medias anuales de 22.5 ° C a 27.8 ° C registradas por INETER (1998) en la zona de estudio, se aproximan a los valores de 25 ° C a 29 ° C citado por Morales (1987) quien afirma que la descomposición de la materia orgánica incorporada al suelo se produce perfectamente en zonas donde se registran temperaturas medias anuales de 25 ° C a 29 ° C

El pH y el contenido de materia orgánica (Tabla 1) al igual que la profundidad a la cual fueron enterradas las canastas de mineralización, favorecieron la velocidad de descomposición de los materiales carbonados agregados al suelo derivados de las leguminosas, aun que no fueron objeto de estudio, pero sí cabe mencionar su importancia en dicho proceso.

Con respecto al pH del suelo nos demuestra aparentemente las actividades bacterianas y la microflora del suelo no fueron afectadas, debido a que el pH regula las poblaciones de microorganismos encargados de la descomposición de la materia orgánica del suelo coincidiendo con Alexander (1987) quien afirma que la descomposición se lleva típicamente con mayor facilidad en suelo con pH neutro o ligeramente cercanos a la neutralidad que en suelos con pH alcalinos. El pH determina el tipo de microorganismo y las poblaciones de los mismos en el suelo, teniendo un efecto en las enzimas individuales elaboradas por las cepas de los microorganismos (Buckman & Brady 1982).

El contenido de materia orgánica favoreció la tasa de descomposición del material incorporado, debido a que la mayor tasa de descomposición citado por Alexander (1987) se presentan cerca de la superficie del perfil del suelo, donde se concentran las mayores cantidades de materia orgánica expuestas a las condiciones ambientales que influyen en la descomposición de los materiales que descansan sobre las superficie del suelo, cuyas cantidades disminuyen con la profundidad del suelo.

La profundidad a la cual fueron enterrado los restos vegetativos favorecieron igualmente a la descomposición de dichos materiales, debido a que la distribución de los microorganismos en varios horizontes en el perfil del suelo (Anexo 8.8) es mayor en los primeros centímetros del suelo y disminuyen las poblaciones con la profundidad del suelo (Alexander, 1987).

### 5.3 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 (Salmerón & García 1995).

El contenido o la proporción de C/N de los residuos vegetales es una herramienta conveniente para predecir las tasas de descomposición, sin embargo, esta no es la única determinante, debido a que la relación C/N desempeña una función determinante en el efecto que produce el material orgánico aplicado al suelo en la mineralización o en la inmovilización netas (Alexander , 1987).

Según Arzola et al. (1986) establecen que si el material orgánico posee una baja relación C/N (por ejemplo menos (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, es variable, pues, otros factores también influyen en el proceso, de allí que las relaciones C/N inferiores a 22, están asociadas con la mineralización y las superiores con la inmovilización, estableciéndose una relación crítica, en la mayoría de los casos, entre 15 y 33.

En la Tabla 6 se muestran la relación C/N en cada una de las especies para un ciclo de vida de un mes. Los valores encontrados demuestran que la mineralización se da en los residuos orgánicos con relaciones C/N inferiores a 22 como lo señala Arzola et al. (1986).

Tabla 6. Relación C/N de las especies en estudio.

Especie	%N	%C	C/N
Terciopelo	2.60	42.5	16.3
Mungo	2.10	38.5	18.3
Cowpea	3.60	42.8	12.0

Ulrike (1997) señala las siguientes relación C/N para diferentes ciclos de vidas, señalando una relación 21.12 a los 150 días para el Terciopelo, al Mungo una relación 25.1 a los 70 días y al Cowpea una relación 17.33 a los 75 días.

Comparando los resultados obtenidos en la Tabla 6 y los descritos por Ulrike (1997), indican que la relación C/N aumenta a medida que el ciclo vegetativo aumenta, aumentando las sustancias resistentes a la descomposición, debido a que la composición química de los restos vegetales varían con la edad, lignificándose, demastrandose lo señalado por Alexander (1987), que el contenido de lignina en los tejidos de materiales de plantas jóvenes es relativamente baja, pero la cantidad se incrementa conforme la planta madura, siendo más resistente a la descomposición, similar a lo descrito por Fassbender (1984) quien lo atribuye al alto contenido de materia seca que presentan las plantas cuando poseen edades avanzadas o caducas.

La relación C/N encontradas en las especies en estudios (Tabla 6) favorecieron la velocidad de descomposición en las especies (Figura 1), demostrándose que los materiales con una baja relación C/N (inferiores a 22), son materiales fácilmente degradados. Además, de ser materiales fácilmente degradados, se convierten en materiales que aportan nitrógeno al suelo, mediante la mineralización del nitrógeno orgánico, coincidiendo con Arzola et al. (1986) que cita a los materiales con baja relación C/N, como los principales contribuyentes de nitrógeno a la fertilidad del suelo, debido a que estos materiales vegetativos, son ricos en nitrógenos y pobres en carbono.

## **5.4 Aporte de nitrógeno**

Sisworo et al.(1988) señalan que la cantidad de nitrógeno aportado por los residuos de leguminosas dependen de la cantidad aplicada, la calidad del residuo aportado, su concentración en nitrógeno y las condiciones para su mineralización.

La Tabla 7 presenta el porcentaje de nitrógeno encontrado en la materia seca de cada especie de leguminosa. Los valores encontrados oscilan entre 2.10 a 3.60%. Comparando los porcentajes de nitrógeno en materia seca nos indica que el mayor contenido de nitrógeno la presenta el cowpea (3.60%), posteriormente el terciopelo (2.60%) y, finalmente, el mungo (2.10%).



Vansitjain y Corea (1992) señala un porcentaje de nitrógeno en materia seca para el terciopelo, mungo y cowpea de 2.5 %, 1.6 % y 3.5%.

Ulrike (1997) señala valores de 2.5%, 2.01% y 2.54% de nitrógeno en materia seca para el terciopelo, mungo y cowpea, respectivamente.

De acuerdo a las comparaciones anteriores las especies aparentemente fueron favorecidas por las condiciones locales donde se realizó el estudio, pues en el porcentaje de nitrógeno fijado es mayor con los descritos por los autores anteriormente señalados.

Tabla 7. Porcentaje de Nitrógeno total contenido en materia seca en las tres especies de leguminosas.

Especie	Terciopelo	Mungo	Cowpea
% Nitrógeno	2.60	2.10	3.60

El porcentaje de nitrógeno en la materia seca de las leguminosas no es un valor standar para cada tipo de especie como lo demuestran los diferentes valores encontrados por los autores anteriormente señalados, por lo tanto, el aporte de nitrógeno al suelo proveniente de la mineralización de los restos orgánicos de las leguminosas, son importantes por su contribución a la fertilidad del suelo, pero la cantidad y calidad depende del estado de desarrollo de la leguminosa , concentración de nitrógeno en la materia seca y de las condición agroclimáticas donde crezcan y se desarrollen las especie.

La Tabla 8 presenta el aporte de nitrógeno por tonelada de materia seca incorporada al suelo. Los valores oscilan entre 21 a 36 kg N / ton M.S. Las tres especies aportan significativamente nitrógeno al suelo, pero realizando una comparación entre los aportes de nitrógeno por especies nos indica que el cowpea es la especie que aporta más nitrógeno al suelo (36 kg N / ton) por tener el mayor contiene de nitrógeno en la materia seca (3.60 %) seguido de la especie terciopelo (26 kg N / ton) por ser la segunda especie que resulto con la mayor concentración de nitrógeno (2.60

%) y, por último, la especie mungo es la especie que aportó menos nitrógeno al suelo (21kg N / ton) por presentar el más bajo contenido de nitrógeno en la materia seca (2.10%).

Tabla 8. Aporte de Nitrógeno total al suelo por las tres especies de leguminosas.

Especies	Terciopelo	Mungo	Cowpea
Kg N / ton M.S	26	21	36

Ulrike (1997) señala una contribución a la fertilidad del suelo de las especies de Cowpea, Mungo y Terciopelo de 80 – 550 lb / mz / año, 100 – 530 lb / mz / año y 120 - 440 lb / mz / año. Lo anteriormente señalado indica la importancia que tienen las leguminosas como aportadoras de nitrógeno a la fertilidad del suelo a través de la incorporación de la materia orgánica provenientes de la leguminosas.

### 5.5 Curva de mineralización de nitrógeno contenido en 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 5 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 1) indica que el nitrógeno mineralizado aumenta a medida que la descomposición del material vegetativo progresa hasta que todo el material sea degradado completamente, coincidiendo con Alexander (1987) quien afirma que el nitrógeno liberado durante el proceso de mineralización de las sustancias residuales, se incrementa en el suelo 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 comportamiento paralelo de las curvas a partir de las semanas 4, 7 y 10 para el cowpea, mungo y terciopelo 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.

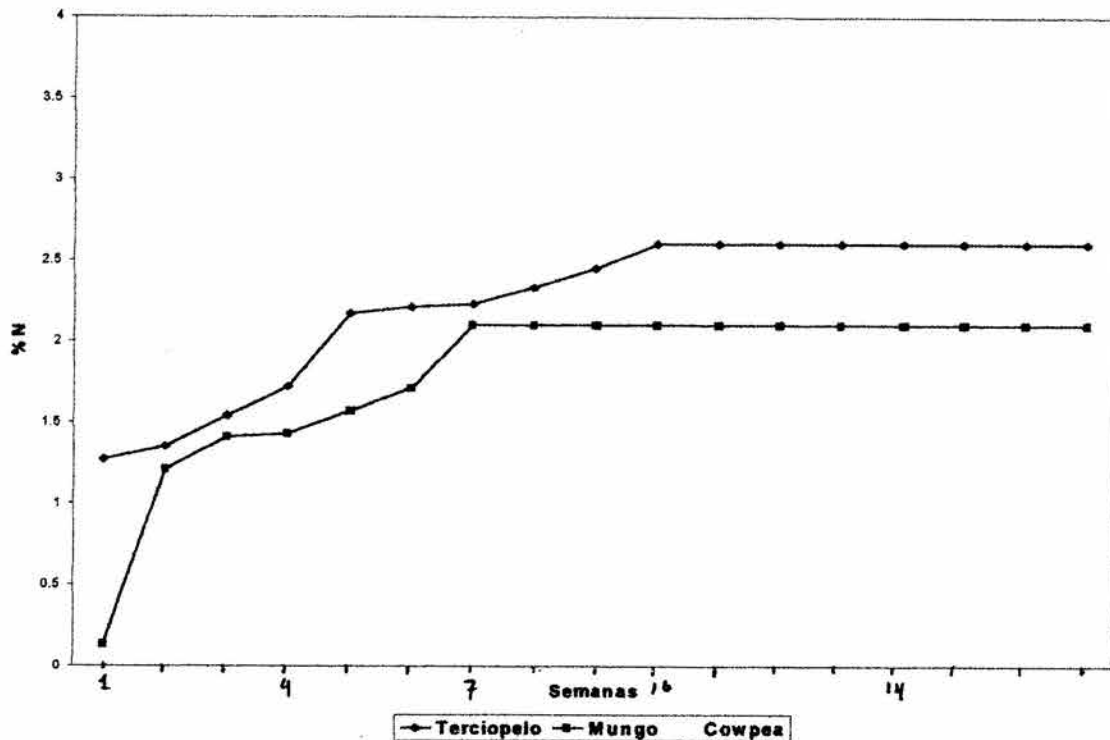


Figura 5. Curva de mineralización del nitrógeno liberado – acumulado en las especies en estudio.

Desde el punto de vista agrónomo, el conocimiento de estos patrones de descomposición y liberación de nitrógeno, permiten establecer una fecha adecuada de la incorporación de estos materiales según la demanda del cultivo establecido o a establecer, con la consiguiente ventaja, que el nitrógeno liberado (por la velocidad en que se libera) es menos sujeto a ser sometido a los

distintos procesos que conducen a la disminución del nitrógeno en el suelo y por consiguiente para los cultivos.

En la Figura 6 se presenta el porcentaje de liberación de nitrógeno aportado durante el proceso de mineralización en las especies en estudio, observándose que las especies terciopelo y mungo, presentan más del 50 % de su nitrógeno mineralizado durante la segunda semana, contrario a la especie cowpea que presentó el 77.50 % de su nitrógeno mineralizado en la primera semana del monitoreo, lo más importante que se debe de señalar es que a partir de la segunda 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.

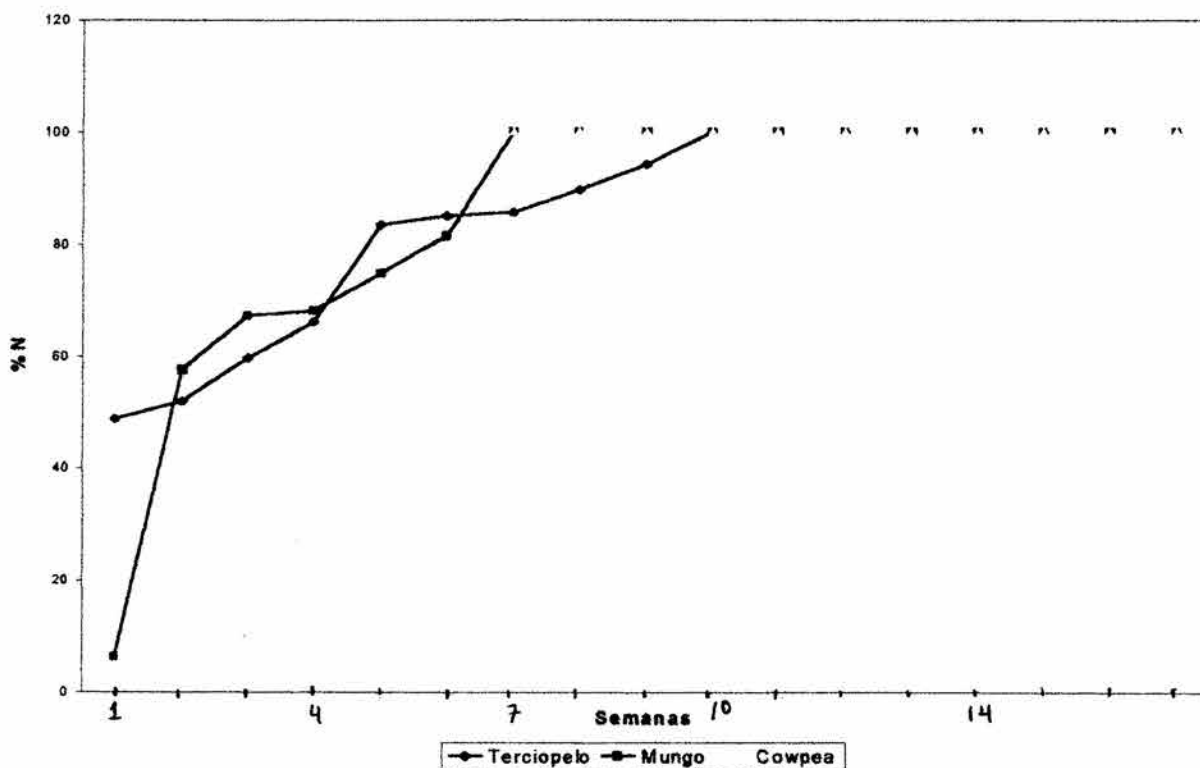


Figura 6. Liberación ( %) de nitrógeno aportado durante el proceso de descomposición de las especies en estudio.

La temperatura registradas en el sitio experimental (Anexo 8.3) ejercieron un efecto sobre la secuencia de la velocidad de mineralización en las tres especies, indicándonos que aparentemente las actividades microbianas no fueron afectadas, debido a que cada reacción bioquímica que se produce en el proceso degradativo está catalizado por las actividades microbianas, coincidiendo con Alexander (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 está determinadas por enzimas producidas por los microorganismos las cuales son sensibles a los cambios de temperaturas

Las precipitaciones registradas en el sitio experimental (Anexo 8.2) crearon condiciones de humedad favorables, indicándonos que el proceso de mineralización fue favorecido por dichas condiciones de humedad y que la actividad microbianas aparentemente no fueron afectadas, debido a que la mineralización es afectada por los altos contenidos de humedad, observándose que cuando un suelo se seca y se vuelve a rehumedecer, logran una mineralización a una tasa más rápida que si se hubieran mantenido continuamente húmedos (Alexander, 1987).

La curva de mineralización de las tres especies (Figura 5) fueron favorecidos con el pH del suelo (Tabla 1) indicándonos que el proceso de mineralización se lleva a cabo perfectamente en suelos con pH cercano a la neutralidad, debido a que en este rango de pH se encuentran las mayores poblaciones de agentes degradativos, caso contrario a condiciones de acidificaciones, coincidiendo con Alexander (1987), 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.

## VI CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 6.1 CONCLUSIONES

- La máxima descomposición de materia seca y liberación de nitrógeno se producen a partir de la segunda semana después de la incorporación del material vegetativo en el suelo.
- El cowpea *Vigna unguiculata* es la primera especie en descomponerse más rápidamente, realizándolo en un período de cuatro semanas, presentando el más alto porcentaje de nitrógeno contenido en la materia seca.
- El Mungo *Vigna radiata* es la segunda especie en descomponerse más rápidamente, realizándolo en un período de siete semanas, presentando el valor más bajo de nitrógeno en la materia seca.
- El Terciopelo *Mucuna sp.* es la tercera especie que necesitó más tiempo para descomponerse completamente, realizándolo en un período de diez semanas, convirtiéndose en la especie que presenta el segundo valor más alto de nitrógeno en la materia seca.
- Las temperaturas y las precipitaciones registradas en el sitio experimental, tuvieron realmente influencia sobre la velocidad de descomposición de la materia orgánica incorporada al suelo.
- Las tres especies de leguminosas usadas en el estudio, son una fuente importante de nitrógeno y materia seca para el suelo, sobre todo que es un insumo muy fácil de producir en la finca.
- La relación C/N es una medida del grado de descomposición y Humificación de la materia orgánica, desempeñando un papel determinante en el efecto que produce el material orgánico aplicado al suelo, dando origen a la mineralización los restos vegetales con una baja relación C/N y la inmovilización los residuos vegetales que presenta una alta relación C/N.

## 6.2 RECOMENDACIONES

- Sembrar el maíz 15 días después de haber realizado la siembra del abono verde, realizando la incorporación del material vegetativo a los 30 días después de realizado la siembra del cultivo para obtener mejores resultados, pudiéndose obtenerse un mejor aprovechamiento del nitrógeno por la planta.
- Ofertar un programa de producción y acopio artesanal de semilla de cowpea, terciopelo y mungo a nivel de finca en la zona de estudio, con la participación de los productores y el apoyo técnico - económico de instituciones interesadas, con la finalidad que los agricultores produzcan su propia semilla y vendan el excedente para disminuir sus gastos en insumos y obtener ingresos adicionales.
- Realizar estudios de incorporación de estas leguminosas con cultivos como maíz (*Zea mays*) para determinar la mejor fecha de incorporación y relación beneficio / costos.
- Utilizar plantas de hábito de crecimiento rápido, vigoroso, suculento, con una alta producción de materia seca y alto contenido de nitrógeno en la misma, para que la cantidad y calidad del material aplicado al suelo, sean las que determinen los resultados esperados.
- Realizar este tipo de ensayo en zonas donde los suelos presentan ciertas limitaciones con respecto a la fertilidad de los mismos, ya se ha por que el suelo presenta una baja fertilidad o existe muy poco o escasa vegetación.

## VII BIBLIOGRAFIA

Alexander, M. 1987. Introducción a la Microbiología del Suelo. Editorial Calypso, S.A. Mexico, D.F. Cap.2: 44p., Cap.8: 130 p., Cap. 9: 142-143 p., 146p., 150-152 p., 154-155 p., 158 p., Cap.15: 241 - 246 p., Cap. 16: 270 - 272 p., 278 p., 285 p.

Anón, 1994. Rotación de Abono Verdes y Maíz postreras.

Arzola, N; Fundora, O; Machado de Armas, J. 1986. Suelo, Planta y Abonado. Editorial Pueblo y Educación. La Habana, Cuba. Cap. 6: 111-112 p.; Cap.11: 241 p.

Buckman, J.L & Brady, N.C. 1982. Naturaleza y propiedades de los suelos. Editorial Hispano Americana, S.A de C.V. México. 541 - 547 p.

Buol, S.W.; Hole, F.D.; McCracken, R.J. 1981. Génesis y Clasificación de suelos. Editorial Trillas, S.A de C.V. Mexico. Cap. 6: 112-113 p.

Centro de Capacitaciones Vivian Hernández. 1993. Resúmenes informativos de leguminosas. CECAVIH. 125 p.

Centro Internacional de Informaciones sobre Cultivo de Cobertura. 1993. El uso del frijol Terciopelo y Canavalia. Informe técnico, Tegucigalpa, Honduras. CIDDICO. 2 (1).

FAO, 1991. Leguminosas Tropicales. Roma Italia. Pp. 218 -219.

FAO, 1992. Resúmenes informativos sobre piensos y valores nutritivos. Piensos tropicales. Roma, Italia. P. 550.

Fassbender, H.W. 1984. Química de suelo con énfasis en suelos de América Latina. IICA. Costa Rica. Cap. 2: 79, 82, 94 - 95, 97.



Fenny, PP. 1973. L - dopa en semillas de leguminosas. La utilización del frijol abono y nutrición. Acibia. Zaragoza. España. P. 283.

Folleto Técnico de Abonos verdes. 1994. San Marcos, Carazo. Proyecto de desarrollo de la producción Agrícola en la Zona de la Meseta de los pueblos.

Gaztambide, A.C. 1975. Alimentación de animales en el tropico. Mexico, D.F. Diana. Pp. 430.

Greenland, D.J & Dart, P.J. 1972. Biological and Organic aspect of plant nutrition in relation to needed research in tropical soils. Tropical Soils Seminar. Intrenational Institute for TRopical Agriculture. Ibadan, Nigeria ( mimeo).

INETER, 1998. Registro de Precipitación y Temperatura de la Estación Muy - Muy, departamento de meterologia. Managua, Nicaragua.

Jhonson, D.T. 1970. The Cowpea in the afrícan areas of Rodesia. Leguminosa forrajeras tropicales. Roma, Italia. FAO.Cap.2: 702

Kage, H. 1976. Pesquisas Agrícolas en Guaria, Sp. (Segunda Edición): Guaria Sp., Prefeitura Municipal. Pp.926 - 26.

Laboratorio de Bromología, 1998. Registros. Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua.

Laboratorio de Suelos y Agua, 1998. Resultados de análisis. Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua.

Lora, R. 1983. Programa de suelos del Instituto Colombiano Agropecuario. P. irr.

Meyrat, A. 1993. Inventarios de técnicas de conservación de Suelo y Agua en laderas en Nicaragua. León - Nicaragua.Pp. 14 -15.

Morales, J. 1997. Conservación de Suelos y Aguas. Tomo I. Managua. Nicaragua.

Morales, P. 1987. Estudio del nitrógeno en el suelo y agroquímico. 2 edición. Editorial Pueblo y Educación. La Habana, Cuba. Pp. 27.

Murillo, K. Osorio, D. 1998. Caracterización edáfica de la Subcuenca del río Cállico, San Dionisio, Matagalpa.

Palacios, A.R. 1997. Evaluación del efecto de incluir los granos de Leguminosas (*Cannavalia ensiformis*, *Vigna sinensis* y *Stilozobium*). Tesis. Managua, Nicaragua.

PASOLAC, 1993. Inventario de las técnicas de Conservación de Suelos. Resumen de tres consultorias realizadas en Guatemala, Honduras y Nicaragua. Managua, Nicaragua. Pp. 13.

Pereira, J. Kage, h. 1980. Manejo da materia Organica em Solos da Cerrado. IN: Simposio sobre o cerrado. 5. Brasilia. 1979. Cerrado: Uso e manejo Brasilia. Editerra. Pp. 581 - 91.

Primo, E. & Carrasco, J.M. 1981. Química Agrícola I. Suelos y Fertilizantes.

Rapidel B; & Rodríguez J, 1990. Zonificación Agroecológica de la lluvia en Nicaragua. Turrialba, Costa Rica. 4 pp.

Restrepo, J. 1996. Aportes de los Abonos Verdes usados en la Agricultura Orgánica como cobertura. Colombia. Pp. irr.

Rodríguez, H & Diaz, M.J, 1998. Suelos. Editorial Pueblo y Educación. La Habana, Cuba. 142 pp.

Salmerón, F & García, L. 1995. Texto básico de Fertilidad de Suelo. Escuela de Suelos y Agua. Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua.

Sánchez, P.A. 1981. Suelos del Trópico. Características y manejo. IICA. San José, Costa Rica. Cap. 5: 10

Sisworo, W.H. Mitrosuhardjo, M. Myers, R.J, 1990. The relative role of N fixation, fertilizer, crop residues and soil supplying N in multiple cropping systems in humid tropical upland cropping system plant and soil. 121: 73 - 82.

Soil Survey Staff, 1960. Soil classification a comprehensive system 7th approximation. U.S Govt. printing office Washington.

Ulrike, B. 1997. Manual de Leguminosas I. Escuela de Agricultura y Ganadería de Estelí. PASOLAC. P. irr.

Vansintjan, Gt. & Vega, E. 1992. Características, Uso y Manejo agronómico de los Abonos Verdes en el manejo integrado de la fertilidad del suelo. Managua, Nicaragua. Pp. 3, 6 y 7.

Verdade, F. da C. 1956. Influencia da materia organica capacidade de troca de cations do Solo. Bragantia, Campinas. 35. 35 - 42.

## **ANEXOS**

## VIII ANEXOS

### 8.1 Registro semanal de la temperatura y la precipitación en el sitio experimental.

Semana	Temperatura (°C)	Precipitación (mm)
1	25.7	14.1
2	23.7	6.5
3	25.8	3.4
4	23.5	7.6
5	25.9	5.1
6	26.3	4.14
7	22.9	3.9
8	24.3	11.1
9	23.9	10.9
10	25.1	5.1
11	25.6	4.3
12	23.7	11.3
13	26.8	12.3
14	26.9	13.1
15	24.3	15.4
16	27.1	18.1

8.2 Efecto de la precipitación (mm) en la velocidad de descomposición de la materia seca (g) de la especie en estudio.

Semana	Terciopelo	Mungo	Cowpea	Precip.
0	88.20	85	76.07	12.1
1	16.33	10.00	8	14.1
2	9.90	7.33	4.33	14.1
3	8.00	7.00	3.	6.5
4	7.00	5.50	0	7.6
5	4.33	4.00	0	5.1
6	3.50	2.00	0	4.14
7	2.00	0	0	3.9
8	1.00	0	0	11.1
9	0	0	0	10.9
10	0	0	0	5.1
11	0	0	0	4.3
12	0	0	0	11.3
13	0	0	0	12.3
14	0	0	0	13.1
15	0	0	0	15.4
16	0	0	0	18.1

8.3 Efecto de la temperatura ( $^{\circ}$  C) en la velocidad de descomposición de la materia seca (g) de las especie en estudio.

Semana	Terciopelo	Mungo	Cowpea	Temp. ( $^{\circ}$ C)
0	88.20	85	76.07	25.7
1	16.33	10.00	8	25.7
2	13.33	7.33	4.33	23.7
3	9.90	7.00	3	28.5
4	8.00	5.50	0	23.5
5	7.00	4.00	0	25.9
6	4.33	2.00	0	26.3
7	3.50	0	0	22.9
8	2.00	0	0	24.3
9	1.00	0	0	23.9
10	0	0	0	25.1
11	0	0	0	25.6
12	0	0	0	23.7
13	0	0	0	26.8
14	0	0	0	26.9
15	0	0	0	24.3
16	0	0	0	27.1

8.4 Resultados del análisis químico del carbono orgánico (%) realizado en las especie en estudio.

Semana	Terciopelo	Mungo	Cowpea
1	28.1	30	16.8
2	25.5	12.5	15.1
3	20.5	9.0	4.5
4	15.5	8.0	0
5	7.5	6.5	0
6	6.0	4.5	0
7	5.0	0	0
8	3.8	0	0
9	1.9	0	0
10	0	0	0
11	0	0	0
12	0	0	0
13	0	0	0
14	0	0	0
15	0	0	0
16	0	0	0



8.5 Resultados del análisis químico del nitrógeno orgánico (%) realizado en las especie en estudio.

Semana	Terciopelo	Mungo	Cowpea
1	1.33	1.97	0.81
2	1.25	0.89	0.78
3	1.06	0.69	0.28
4	0.88	0.67	0
5	0.43	0.53	0
6	0.39	0.39	0
7	0.37	0	0
8	0.27	0	0
9	0.15	0	0
10	0	0	0
11	0	0	0
12	0	0	0
13	0	0	0
14	0	0	0
15	0	0	0
16	0	0	0

8.6 Relación C/N semanal en las especie en estudio.

Semana	Terciopelo	Mungo	Cowpea
1	21	15	21
2	20	14	19
3	19	13	16
4	18	12	0
5	17	12	0
6	15	12	0
7	14	0	0
8	14	0	0
9	13	0	0
10	0	0	0
11	0	0	0
12	0	0	0
13	0	0	0
14	0	0	0
15	0	0	0
16	0	0	0

8.7 Resultados de la determinación en la estimación de la producción de materia verde y materia seca.

Especie	g / m <sup>2</sup>	ton M.V / ha	ton M.S / ha
Terciopelo	1,128.644	11.30	9.97
Mungo	1,222.5312	12.24	10.40
Cowpea	1,812.42	18.15	13.81

8.8 Distribución de microorganismo (organismo / g de suelo x 10<sup>3</sup>) en varios horizontes del perfil el suelo.

Prof. (cm)	Bact aerobia	Bact. anaerobia	Actinomi cetes	Hongos	Algas
3 - 8	7,800	1,950	2,080	119	25
20 - 25	1,800	379	245	50	5
35 - 40	472	98	49	14	0.5
65 - 75	10	1	5	6	0.1
135 -145	1	0.4	-	3	-

Fuente: Starc (1942) citado por Alexander (1987).

8.9 Resultados de la cantidad de nitrógeno liberado - acumulado (%) y porcentaje de liberación de nitrógeno aportado durante el proceso de descomposición

Semana	Terciopelo	Mungo	Cowpea
1	1.27 (48.85 %)	0.12 (6.19 %)	2.79 (77.50 %)
2	1.35 (51.92 %)	1.21 (57.62 %)	2.82 (78.33 %)
3	1.54 (59.23 %)	1.41 (67.14 %)	3.32 (92.22 %)
4	1.72 (66.15 %)	1.43 (68.10 %)	3.60 (100 %)
5	2.17 (83.46 %)	1.57 (74.76 %)	3.60 (100 %)
6	2.21 (85 %)	1.71 (81.43 %)	3.60 (100 %)
7	2.23 (85.77 %)	2.10 (100 %)	3.60 (100 %)
8	2.33 (89.62 %)	2.10 (100 %)	3.60 (100 %)
9	2.45 (94.23 %)	2.10 (100 %)	3.60 (100 %)
10	2.60 (100 %)	2.10 (100 %)	3.60 (100 %)
11	2.60 (100 %)	2.10 (100 %)	3.60 (100 %)
12	2.60 (100 %)	2.10 (100 %)	3.60 (100 %)
13	2.60 (100 %)	2.10 (100 %)	3.60 (100 %)
14	2.60 (100 %)	2.10 (100 %)	3.60 (100 %)
15	2.60 (100 %)	2.10 (100 %)	3.60 (100 %)
16	2.60 (100 %)	2.10 (100 %)	3.60 (100 %)