

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
FACULTAD DE AGRONOMIA
DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN VEGETAL



TRABAJO DE DIPLOMA.

Tasa de mineralización del nitrógeno en el suelo bajo diferentes manejos agroforestales con café (*Coffea arabica* L.) realizado 2002 y 2006 en el pacifico sur de Nicaragua.

Autores

Br. Milker Roboan Hernández Vallejos.

Br. Byron Antonio Rayo Granado.

Asesores:

Ing. Rodolfo Munguía Hernández. M. Sc.

Dr. Jeremy Philip Haggar.

Ing. Alejandro Ponce.

Managua, Nicaragua. 2007

DEDICATORIA.

Mejor es adquirir

Sabiduría que oro preciado;

Y adquirir inteligencia

Vale más que la plata.

(Proverbios 16: 16)

A **Dios**, nuestro padre todopoderoso, por haberme iluminado dándome fuerza, valor, sabiduría para franquear los diversos obstáculos en el desarrollo de mi carrera y haberme permitido culminar esta meta.

A mi **Madre**: Ana Antonia Vallejos Martínez que con su esfuerzo, me brindo su apoyo y confianza depositada en mí facultades para coronar mis aspiraciones de ser un profesional.

A mi **Padre**: Manuel Hernández Aguirre (q.e.p.d).

A mis **abuelos maternos**: Francisca Romana vallejos y Jesús Esteban Martínez (q.e.p.d), quienes fueron mis segundos padres y por haberme enseñado a respetar las diferencias y el buen camino de la vida.

A mi **abuela paterna**: Amada Aguirre por sus consejos morales y espirituales.

A mis **hermanos**: Tamauritanía Belén, Ana Fabiola, y en particular a Rithler Manuel, por su apoyo económico.

A todos mis **Tíos**, a quienes respeto, en especial a Narcisa del Carmen y Amparo del Socorro, Leonila Vallejos Martínez, por su apoyo incondicional en todos los momentos.

A todos mis **compañeros** de curso, con los que compartí los distintos momentos que nos impuso esta experiencia.

¡Que Dios los bendiga!

A mi amada patria Nicaragua.

Milker Roboan Hernández Vallejos

DEDICATORIA.

Este esfuerzo se lo dedico a **Dios**, por ser la fuente de todo conocimiento científico y espiritual.

A mi **Madre:** Blanca Victoria Granado Chavarria (q.e.p.d) la que me brindo su apoyo, comprensión y amor, quien siempre confió en mi capacidad de que un día fuera un hombre responsable, respetuoso y profesional.

A mi **Padre:** Juan José Rayo Torres por su apoyo incondicional en todas las circunstancias de mi vida, por sus sabios y valiosos consejos para ser un hombre de bien.

A la esposa de mi padre **Sra:** Claudia Espino Mendoza por su apoyo incondicional, en todas las circunstancias de mi vida, por sus sabios y valiosos consejos para ser un hombre de bien y por sus oraciones en todo momento.

A mis **Hermanos paternos:** José Adalberto, Mayela del Carmen, Ervin Antonio, Angélica Maria, Carmelo Antonio, Claudia Antonio Rayo Espino y Danilo Matamoros Rayo, por sus oraciones y apoyo moral y económico.

A mis **Hermanos maternos:** Daysi, Erick, Henry, Ayda, Gilvia Granado, por sus oraciones.

A la **Familia:** Herrera Dormus por sus oraciones y apoyo moral y económico.

A mi **Esposa:** Melba del Rosario Juárez Matamoros y a mi hija Ariana Camila Rayo Juárez quien es fruto de mi inspiración.

A todos mis **Sobrinos** por formar parte importante en mi vida, que le sirva de ejemplo de superación.

A toda mi **Familia** por darme animo y apoyo en el transcurso de la carrera.

Byron Antonio Rayo Granado

AGRADECIMIENTO.

Agradecemos de manera muy especial al Dios todo poderoso, por estar presente en nuestras vidas, por su iluminación divina y sabiduría; lo cual nos permitió culminar nuestra carrera profesional con gran éxito y vivir esta experiencia por ella mil gracias.

Los autores queremos expresar nuestros más sinceros y humilde agradecimiento a las diferentes personas e instituciones que hicieron posible la realización de esta investigación:

A la honorable y máxima casa de estudio Universidad Nacional Agraria (UNA) y en particular a la Facultad de Agronomía (FAGRO) que nos brindo la oportunidad de superarnos y alcanzar el anhelo mas grande de nuestras vidas que es formarse como profesionista, y por haber obtenido las herramientas necesarias para ser un hombre de bien.

Al Departamento de Servicios Estudiantiles de la UNA, en espacial a la Lic. Idalia Casco, por su apoyo incondicional brindado durante los cinco años y el periodo de elaboración del trabajo de diploma que nos permitió concluir nuestras aspiraciones de obtener el titulo de Ing. Agrónomo “Gracias”.

A nuestros asesores: Ph D. Jeremy P. Haggar, Ing. Agron. Alejandro Ponce y de manera muy especial al Ing. Agron. Rodolfo de Jesús Munguía Hernández. M.Sc, por su apoyo incondicional en la realización de nuestro trabajo de diploma, haciendo hincapié a su tremenda paciencia y dedicación mostrada en la correcciones de dicho trabajo.

Al comité de manejo del ensayo de sistemas formado por CATIE/UNICAFE/INTA y UNA por darnos la oportunidad de llevar a cabo la realización de esta investigación científica.

A la Directora del CENIDA Lic. Ruth Velia Gómez Centeno y Lic. Allan Báez responsable del centro de cómputo, por facilitarnos el equipo necesario para la elaboración del escrito y a todo el personal que elaboran en el centro. A todo el personal que elaboran en el comedor de la Universidad Nacional Agraria.

A nuestro amigos y compañeros Juan Carlos Hernández Pérez y Eddy Ramón Chavarria Mairena, por su colaboración en la fase de campo e laboratorio y amistad incondicional.

A Elvin y Ledis Navarrete, “Los Cheles”, quienes nos brindaron su valiosa colaboración durante la realización de la fase de campo de dicha investigación.

INDICE GENERAL

Sección	Contenido	Página
	INDICE GENERAL	i
	INDICE DE CUADROS	iii
	INDICE DE FOTO	iii
	INDICE DE GRAFICO	iii
	INDICE DE ANEXOS	iv
	RESUMEN	v
I	INTRODUCCION	1
	1.1. Objetivo general	3
	1.1.1 Objetivo Especifico	3
	1.2 Hipótesis	3
II	REVISION DE LITERATURA	5
	2.1 Formas del nitrógeno	5
	2.2 Mineralización del nitrógeno	5
	2.2.1 Aminización	7
	2.2.2 Amonificación	7
	2.2.3 Nitrificación	8
	2.2.4 Factores que influyen sobre la mineralización y la nitrificación del nitrógeno del suelo	8
	2.3 Factores que inciden en pérdidas del nitrógeno	10
	2.3.1 Inmovilización	10
	2.3.2 Volatilización	11
	2.3.3 Desnitrificación	11
	2.3.4 Lixiviación	12
	2.3.5 Fijación del amonio por las arcillas	13
	2.3.6 Extracción de las cosechas	13
III	MATERIALES Y MÉTODOS	15
	3.1 Ubicación del ensayo	15
	3.2 Diseño experimental	15
	3.2.1. Factores de estudio	15
	3.2.2. variables evaluadas	17

3.3	Área del Experimento	18
3.4	Análisis estadísticos	18
3.5	Procedimiento de laboratorio para la determinación del N- NH_4^+ por el método anaeróbico	19
IV	RESULTADOS Y DISCUSION	22
4.1	Efecto del tipo de sombra sobre la mineralización del (N- NH_4^+).	22
4.2	Regresión y correlación entre la producción de grano oro del ciclo 2005 – 2006, el total de la producción de cuatro ciclos y las tasas de mineralización del Nitrógeno.	26
4.3	Regresión y correlación entre las tasas de mineralización del N y los aportes de N hechos por fertilización y de residuos vegetales	28
V	CONCLUSIONES	31
VI	RECOMENDACIONES	32
VI	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICA	33
VII	ANEXOS	39

INDICE DE CUADROS

Cuadro	Título	Página
1	Características de las especies de sombra a evaluar en Masatepe, Nicaragua.	16
2	Descripción de los tratamientos en las parcelas principales y sub-parcelas	16
3	Tasa de mineralización producida por los niveles de sombra N mg/Kg.	22
4	Tasa de mineralización de nitrógeno en el suelo (N en mg Kg. ⁻¹), por efecto del nivel de insumo.	22
5	Tasa de mineralización del nitrógeno en el suelo N mg/Kg. por aporte de los niveles de sombra e insumos.	24
6	Tasa de mineralización del nitrógeno en el suelo N mg/Kg. por efecto de sitio de muestreo (calle + hilera).	25

INDICE DE FOTO

Foto	Contenido	Página
1	Muestreo de suelos entre hileras del cafetal	17
2	Labor de carrileo en café	26

INDICE DE GRAFICOS

Gráfico	Título	Página
1	Relación entre producción total de cuatro ciclos, la producción del ciclo 2005 – 2006 y la mineralización del N-NH ₄ ⁻ .	27
2	Comportamiento de la mineralización del N-NH ₄ ⁺ en relación a los aportes de N provenientes de la fertilización, residuos vegetales en sistemas agroforestales con café.	29

INDICE DE ANEXOS

Anexo	Título	Página
1	Esquema grafico de la replica I (NÍSPERO) Jardín Botánico.	40
2	Esquema grafico de la replica II (MAMÓN) Jardín Botánico.	41
3	Esquema grafico de la replica III establecida en Campos Azules (CECA).	42
4	Descripción del área experimental del ensayo de sistemas.	43
5	Aspecto técnico en el manejo de hierbas en el ensayo de sistemas agroforestales con café (2005).	44
6	Aspecto técnico en el manejo de las enfermedades presentes en el ensayo de sistemas agroforestales en café (2005).	45
7	Manejo de la Fertilización en el ensayo de sistemas agroforestales con café.	45
8	Aspectos técnicos del manejo de insectos plagas (minador y broca) que afectan al cultivo de café en el ensayo de sistemas (2005).	46
9	Resultados promedios de: biomasa de los años 2002 – 2003 y total de sombra temporal, tasas de mineralización del nitrógeno de los años 2002, 2003, 2006 de sombra temporal y permanente, mantillo 2004, poda 2004 y raleos 2005 de sombra permanente en el ensayo de sistemas agroforestal.	47

Hernández, M y Rayo B. 2007. Tasa de mineralización del nitrógeno en el suelo bajo diferentes manejos agroforestales con café (*coffea arabica* L.) de 2002 y 2006 en el pacifico sur de Nicaragua.

Palabras claves, mineralización del nitrógeno, sistema agroforestal, Biomasa, café (*Coffea arabica* L).

RESUMEN

La presente investigación se realizó en sistemas agroforestales con café (*Coffea arabica* L.) en el Municipio de Masatepe, Departamento de Masaya, Nicaragua, con el propósito de determinar las tasas de mineralización del nitrógeno en el suelo entre los años 2002 y 2006 a la profundidad de 0 a 10 cm, y se correlacionaron con la producción de grano oro del ciclo 2005 – 2006, el total de la producción de cuatro ciclos y los aportes de nitrógeno hechos por fertilización y residuos vegetales. Se estableció en un diseño de BCA en parcela dividida en tres repeticiones y distribuido los 14 tratamientos. Se evaluaron el factor A.- Tipo de sombra: Combinando especies de árboles leguminosas y/o maderables para sombra de café (*Inga laurina*, *Simarouba glauca*, *Samanea samma*, *Tabebuia rocea*) y una parcela a pleno sol; el factor B.- Niveles de insumos (Moderado y alto convencional, Intensivos y Extensivo Orgánico) y el factor C.- Sitio de muestreo (muestreo en calle e hilera de los cafetos). Se ubicaron 6 puntos de muestreo de 60 x 60 cm en el área útil de la subparcela. Se extrajeron tres submuestras por punto de muestreo utilizando tubos pvc (1/2 pulgs de diámetro); se obtuvo una muestra compuesta por subparcela homogenizada de 0.5 kg. de suelo fresco. Se determinó el contenido de amonio mineralizado a los 0 y 7 días después de la incubación anaeróbica a partir de una solución extraída. Los datos se les sometieron un ANDEVA y separación de medias por Diferencia Mínimas Significativas (LSD). Los resultados obtenidos en el 2006 mostraron un incremento en la tasas de mineralización del N con respecto al año 2002. En 2006, el nivel de sombra no afectó significativamente la mineralización de N. Con respecto al nivel de insumos, el MO (Intensivo orgánico) proporciono la mayor tasa de nitrógeno mineralizado con 27.06 mg N kg⁻¹ por día, que AC (Alto convencional) y MC (Moderado convencional). No hubo interacción significativa en sombra e insumos. Cabe destacar que en sitio calle, se obtuvo una mayor tasa de mineralización del N en el suelo con 24.22 mg N kg⁻¹ contra hilera. No hubo regresión y correlación positiva con respecto a las variables de producción de grano, residuos vegetales y las adiciones de fertilizantes.

I.- INTRODUCCION

El café (*Coffea arabica* L) es originario de las tierras altas de Etiopía y Sudan (UNICAFE, 1996); Es uno de los cultivos de mayor importancia en muchos países del mundo como: Colombia, Brasil, El Salvador, Nicaragua, y muchos otros (IICA, PROMECAFE 1997). En Nicaragua, es de mucha importancia agro socioeconómica, principalmente por la generación de recursos económicos a través de sus exportaciones, las que generan casi el 25 % del PIB agrícola (IICA 2003).

Se estima en Nicaragua, unas 116,083ha cultivadas de café, distribuidas en los departamentos de Matagalpa y Jinotega generando un 73 % de la producción nacional; Nueva Segovia, Madriz y Estelí aportan un 14.23 %; en tanto Boaco y Chontales participan en un 3.23 %, mientras que la región pacífica (departamentos de Managua, Carazo, Masaya, Granada, Rivas y Chinandega) representa en su conjunto un 6.16 % y en las regiones autónomas del atlántico Norte y Sur (RAAN y RAAS) se produce el 3.69 % de la producción nacional (UNICAFE; 2003).

La producción total nacional en el ciclo agrícola 2003/2004 fue de 1, 135,168 qq oro, con un rendimiento promedio de $517.60 \text{ kg ha}^{-1}$ ($8.02 \text{ qq oro mz}^{-1}$); lográndose exportar 1.060,134 qq oro, generando un total de 69.9 millones de US \$ (MAGFOR, 2004). Sin embargo, en el ciclo agrícola 2005/2006 aumento la producción a 1.8 millones de qq de grano oro, cifra record de los últimos años, pero las plantaciones cafetaleras perdieron también por la falta de casi 100 mil recolectores y una maduración rápida por las copiosas lluvias (UNICAFE, 2006).

La caficultura en Nicaragua actualmente pasa por una crisis, la cual ha sido generada en parte por la sobre oferta de este producto a nivel internacional, proveniente de países tradicionalmente productores como Brasil y por la incursión de otros nuevos como es el caso de Vietnam. Este fenómeno ha incidido en una baja sustantiva en el nivel de precios internacionales con repercusiones serias en los ámbitos sociales y económicos del país, las cuales parecen irreversible en corto plazo. La caídas en los precios y la producción, el incremento del desempleo de más de 50,000 campesinos, la baja en la rentabilidad, la calidad y los rendimientos, así como el incrementos de las deudas de los cafetaleros, son algunos rasgos que caracteriza esta situación y que hacen que esta actividad no sea garante de financiamiento y crédito por parte de la actual banca privada (Cussianovich y Altamirano 2005).

A pesar de la actual crisis, se está consolidando en los mercados exigentes la demanda por los cafés de alta calidad o especiales, los cuales demandan el cumplimiento de requisitos ambientales y sociales (MAGFOR, 2004). La tendencia de los mercados es incorporar cada vez más el concepto de los beneficios ambientales y sociales que provee el café tradicional de sombra, así como la creciente demanda de café especiales de aspectos que pueden compensarse mutuamente entre una producción de mayor calidad, que provee mayores ingresos a los productores cafetaleros y a la conservación del ambiente (IICA, 2003). La producción de café orgánica ha emergido como una opción importante no solo en el ámbito de la agricultura orgánica, sino también como una alternativa a la crisis cafetalera (Cussianovich y Altamirano 2005).

En Nicaragua el café es muestra de un sistema que caduca por uso y abuso de los mismos instrumentos. Pequeños y medianos productores aferrándose al sistema de expansión de las superficies cultivadas sin adoptar nuevas técnicas. La crisis se ha puesto en evidencia por el aumento en las densidades de los cafetos y la siembra en terrenos de avanzada degradación de la fertilidad natural del suelo, en el contexto de un modelo que depende exclusivamente de esa fertilidad, el resultado ha sido una mayor degradación de la fertilidad y la multiplicación de las enfermedades. Hay muchos problemas técnicos que padecen los pequeños cafetaleros y que deterioran los rendimientos. Los más importantes son las incoherencias entre las variedades y densidades adaptadas en relación a la altura msnm de la parcela, esto se añade el mal manejo de la fertilización, la poda de tejidos y la regulación de sombra, que también debe de variar de acuerdo a la variedad cultivada y a su densidad. Algunas veces la fertilización es insuficiente pero con más frecuencia es inadecuada. No se aplica el abono apropiado y no se hace en la cantidad ni en el momento justo. (Rocha, 2001).

El nitrógeno ocupa habitualmente el cuarto lugar detrás del carbono, oxígeno e hidrógeno como componente estructural del vegetal. Juega un papel esencial como constituyente de proteínas, ácido nucleico, clorofilas y hormonas de crecimiento. La mayor parte de las plantas depende absolutamente para su crecimiento del nitrógeno inorgánico absorbido del suelo en forma de iones nitratos y amonio (Wild *et al*, 1992). El nitrógeno es el macroelemento más importante e indispensable para el crecimiento del cafeto, principalmente para la producción de follaje y de las ramas laterales, así como para el desarrollo de sus

frutos, para obtener un buen rendimiento del café y su participación activa en la actividad fotosintética (Fischersworing y Robkamp, 2001).

Los objetivos propuestos en esta investigación son los siguientes.

OBJETIVO GENERAL.

- Evaluar las tasas de la mineralización del nitrógeno en el suelo bajo el efecto de especies leguminosas y no leguminosas en interacción con niveles de insumos comparándolas con el sistema a plena exposición solar; y la relación que tiene el aporte de biomasa en el mantillo y la producción de grano.

OBJETIVOS ESPECIFICOS.

- Evaluar la disponibilidad del nitrógeno en el suelo mediante el aporte de diferentes especies de sombra y los distintos niveles de insumos bajo los cuales se maneja este experimento.
- Estimar el nitrógeno total mineralizable por el efecto de diferentes manejos agronómicos en sistemas de producción de café a través del método colorimétrico de incubación anaeróbica
- Correlacionar las tasas de mineralización obtenidas en el 2002 y 2006 por el aporte de biomasa (poda y raleo) del agro sistema.
- Correlacionar la tasa de mineralización del nitrógeno en el suelo y el rendimiento del café en el año 2006.

HIPÓTESIS

- El tratamiento *Inga laurina* + *Samanea saman* formado por leguminosas contribuyen significativamente al aumento de la tasa de mineralización del nitrógeno en el suelo en sistema de producción de café que la *Simaruba glauca* + *Tabebuia rosea* como no leguminosas.

- Las aplicaciones altas de insumos químicos contribuyen significativamente al aumento de la tasa de mineralización del nitrógeno en el suelo que los niveles de insumos orgánicos aplicados.
- El sitio de muestreo en la posición calle aporta mayor cantidad de biomasa en el suelo, permitiendo una mayor tasa de mineralización del nitrógeno que el sitio de muestreo en la posición hilera.
- Las tasas de mineralización del nitrógeno esta relacionada con el rendimiento del café y no con el aporte de nitrógeno por biomasa (poda y raleo) y vía fertilizantes en el sistema agroforestal.

II.-REVISION DE LITERATURA

2.1.- Formas del Nitrógeno.

El ciclo biogeoquímico del nitrógeno es el que comprende en su totalidad la circulación de éste elemento químico en todas sus formas entre la biomasa, el mantillo, el suelo y las fuentes externas del ecosistemas (rocas, atmósfera); es decir, comprende los procesos de absorción, acumulación, translocación y redistribución interna de elementos nutritivos en las plantas, así también comprenden los procesos de intercambio de los elementos químicos con la atmósfera (ganancia y pérdidas) y el suelo (residuos vegetales y su descomposición, meteorización, escorrentía y lixiviación) Fassbender, (1993).

En la naturaleza el N se encuentra en un 98 % encontrándose en la litosfera y el 2 % restante esta distribuido entre la atmósfera, la hidrosfera y la biosfera. En la atmósfera existen los mayores contenidos del elemento bajo diversas formas gaseosas (N_2 , NO, NO_2), la hidrosfera, la biosfera y en los suelos solamente se encuentra en un 0.00014 % bajo la forma NH_4^+ , NO_3^- (Rivero 1999).

La mayor parte del Nitrógeno del suelo, esta representada en la forma orgánica (85 - 95 %) del total del elemento en su mayoría tiene carácter proteico y constituye la reserva real del mismo, que es cedido lentamente a los cultivos. El contenido de N-inorgánico oscila entre 5 y 15 % del total y se presenta generalmente en las formas de óxido nitroso (N_2O), óxido nítrico (NO), dióxido de nitrógeno (NO_2), amoníaco (NH_3), amonio (NH_4^+), nitrito (NO_2^-) y nitrato (NO_3^-). El N-atmosférico, este existe en forma elemental libre (N_2) y en cualquiera de sus otras formas gaseosas (N_2O , NO, NO_2 , NH_3), y también posiblemente puede ser encontrado en forma orgánica adherido a partículas de polvo. El 78% de la atmósfera es N y aunque este representa un 2 % del N total sobre la tierra, constituye una fuente importante de N-orgánico para el suelo a través de los procesos de fijación biológica. Así también a través de procesos de fijación industrial, siendo esta la fuente originaria de los fertilizantes nitrogenados y la presencia de diferentes mecanismos atmosféricos como las lluvias o las descargas eléctricas. (Bertsch, 1998; Rivero, 1999).

2.2.- Mineralización del Nitrógeno.

Los restos vegetales y animales, son polímeros de compuestos orgánicos que durante el proceso de su transformación, son primeramente degradados y polimerizados hasta

constituyentes básicos. A este proceso en donde 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 compuestos orgánicos ya sea de la materia orgánica o de restos vegetales y animales recién incorporados al suelo y fijación microbiana se transforman a formas inorgánicas nitrogenadas tales como amonio, nitritos y nitratos (Fassbender, 1984), según Arzola, *et al*, (1986) la definen como un proceso de transformación mediante el cual el nitrógeno orgánico del suelo pasa a la forma inorgánica, siendo la principal fuente para ser usado por las plantas que no la fijan en simbiosis. 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 de estos compuestos son mineralizados 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 despertó considerable interés y se han propuesto dos hipótesis para explicar la lenta mineralización (Alexander, 1987). El mismo autor, dice que la primera hipótesis señala, que los compuestos nitrogenados forman complejos en los que se demuestran que las proteínas unidas a polifenoles y aminoácidos enlazados con fenoles, forman polímeros resistentes al ataque microbiano, como resultado, se forman sustancias nitrogenadas menos susceptibles a la digestión, en contraste con las proteínas y aminoácidos libres.

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

Según Rodríguez (1990), citado por García (1993), la curva de mineralización de los residuos orgánicos nitrogenados muestra en una primera fase, una mineralización rápida, y en una segunda, una mineralización más lenta, la principal razón que puede ocasionar la velocidad de descomposición de la materia orgánica depende de su composición química fácil de degradar proteínas y minerales se agoten y comiencen a predominar materiales mas recalcitrante tales como celulosa, hemicelulosa y lignina creando resistencia a la degradación (Alexander, 1987).

El Nitrógeno total raras veces es un buen indicador de la disponibilidad de N en el suelo, pero este se encuentra estrechamente relacionado con la materia orgánica. Se mide para relacionarlo con el porcentaje del carbono, el cual es una buena estimación de la probabilidad de que ocurra mineralización o inmovilización de N en el suelo (García, 1993).

El nitrógeno total de los diferentes constituyente de los residuos orgánicos presenta distintas susceptibilidades para su mineralización por la masa microbiana. De acuerdo a su mayor o menor facilidad al ataque microbiano, se han establecido tres fracciones: a) muy lábil, vinculada al contenido celular; b) lábil, ligada a la celulosa y hemicelulosa; c) resistente, esta corresponde a la lignina de la pared celular (García, 1993). Según Solórzano (1997) y Bertsch (1998), indican que la mayor parte del nitrógeno del suelo se encuentra asociado a la materia orgánica en forma de aminoácidos o proteínas. Este N orgánico se acumula en el suelo y sufre una serie de transformaciones en el suelo que lo llevan a N mineral en el cual se dan básicamente tres procesos de la mineralización.

2.2.1.- Aminización

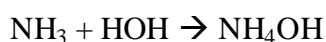
En esta primera etapa, las enzimas proteolíticas actúan sobre las macromoléculas de las proteínas, los ácidos nucleicos y otros compuestos nitrogenados hasta descomponerlos en aminoácidos, entre las bacterias aeróbicas que participan están los géneros *Bacillus* y *Pseudomonas* y entre las anaeróbicas están *Clostridium* y hongos heterótrofos. Los aminoácidos resultantes pueden ser metabolizados por los microorganismos (inmovilización), absorbidos por las arcillas formando complejos órgano – minerales incorporados en la fracción del humus utilizados por las plantas o mineralizado al extremo de transformarse en amonio.(Bertsch, 1998, Solórzano, 1997).



2.2.2.-Amonificación.

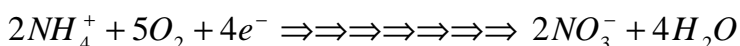
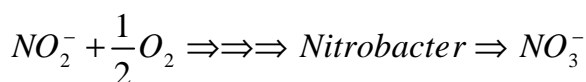
La amonificación de los aminoácidos se produce bioquímicamente a través de los procesos de desaminación y descarboxilación activados por la enzima desaminasas y descarboxilasas. Por la desaminación se produce además del NH_4^+ , ácido grasos y en la descarboxilación resulta amina metilada. El amonio resultante de esta etapa puede ser absorbido por las plantas, adsorbido por minerales arcillosos o por la materia orgánicas (coloides del suelo),

fijadas por los minerales, inmovilizados por microorganismos, seguir el proceso de mineralización que es oxidado a nitrato mediante microorganismos (nitrificación) y de esta manera es lixiviado a través del suelo; el amonio puede ser volatilizado en forma de gas amoniac (NH₃) (Fassbender y Bornemisza, 1987 Fuentes, 1994).



2.2.3.- Nitrificación.

Es la forma biológica del nitrato a partir de las sustancias que tiene el nitrógeno reducido,



cuando el ion amonio en las condiciones aeróbicas es oxidado al ion nitrato se está en el proceso de nitrificación, el cual tiene como paso intermedio la

producción del ion nitrito (NO₂), este proceso se da por la intervención de microorganismo autótrofos obligatorios y exclusivamente aeróbicas (Nitrosomas) y luego intervienen las Nitrobacter, bacterias que obtienen su energía de la oxidación de sales inorgánicas simples y carbón del CO₂ de la atmósfera. Ambas reacciones tienen lugar al mismo tiempo.

Las condiciones óptimas para la nitrificación son temperaturas alrededor de 25 °C a 35 ° C, pH ligeramente ácido y condiciones intermedia de humedad. El nitrato resultante de esta etapa puede ser absorbido por las plantas, inmovilizado por microorganismos, lixiviado a través del suelo, fijado por el complejo arcillo – humico siempre y cuando presenta carga positiva, que atraigan a las negativas NO₃⁻, el liberado hacia la atmósfera en forma gaseosa cuando se reduce a ciertos compuestos cuando ocurren las desnitrificaciones (Solórzano, 1997; Rivero, 1999; Fuentes, 1994).

2.2.4.- Factores que influyen sobre la mineralización y la nitrificación del Nitrógeno del suelo

Se ha estimado que anualmente se mineraliza entre el 1 – 2 % del N total de los compuestos nitrogenados del suelo (Bertsch, 1998). Este mismo autor también hace mención de los factores que afectan a este proceso de mineralización como: la temperatura,

humedad, aireación, mineralogía de arcilla, pH, adición de materiales orgánicos, calidad de la materia orgánica (taninos, relación C/N), y manejo. La nitrificación se inicia a una temperatura de 2°C y aumenta progresivamente de ritmo hasta alcanzar un máximo cuando llega a 30°C. Temperatura superior a esta hay poca nitrificación (fuentes, 1994), otro factor dominante que limita y afecta las tasas de mineralización del N es el contenido de humedad en el suelo. La mineralización se paraliza en estado seco y bajo condiciones de inundaciones se detiene en la etapa de amonificación. Altos contenido de arcillas disminuyen el proceso de mineralización debido a que son capaces de retener altas cantidades de carbono por la formación de complejos organominerales (Bertsch, 1998).

Otro factor que afecta la nitrificación del nitrógeno de los suelos es la acidez. Solórzano, (1997), sugiere que a $\text{pH} < 5$; pobre en aireación, puede darse la acumulación de N amoniacal (NH_4^+), el cual provoca un efecto tóxico para las plantas cultivadas al absorber y acumular en sus tejidos excesos de amonio reduciendo el rendimiento.

La actividad de los microorganismos depende de otros factores como el pH, aireación del suelo y calidad de materia orgánica (Robertson *et al*, 1982). Los microorganismos presente necesitan nitrógeno para crecer y también de una favorable relación C: N, debido a esto, una relación C: N mayor de 25 conduce a una lenta mineralización por la baja disponibilidad de nitrógeno o bien a una inmovilización del N. Rivero (1999) considera que la velocidad de la mineralización depende más de la calidad que de la cantidad de los residuos orgánicos.

Diferentes estudios muestran el efecto de la mineralización del nitrógeno y su disponibilidad en suelos ácidos de cafetales manejados con diferentes sombra con especial énfasis en la respuesta con leguminosas; En resultados obtenidos por Li *et al*; (2001), indican que la forma dominante del nitrógeno fue ligada más al tipo de bosque que al valor del pH del suelo. Los valores del pH del suelo fueron para todos los tipos de bosque de 4.5. Sin embargo, el contenido del nitrato fue alto (24.47 a 26.08 mg kg^{-1} suelo) para las especies de leguminosas del genero *Acacia* y bajo (4.19, 6.47 y 4.24 mg kg^{-1} suelo) para especies no leguminosa forestales como *Pinus elliotii*, *E. citriodera* y *Schima superba*. Encontrándose dominante la forma de amonio; y cuando las especies se mezclaron la cantidad de nitrato fue de 54.35 mg kg^{-1} de suelo. Es importante destacar que al encontrarse mayoritariamente esta forma de N mineral disponible hay poco o ninguna fijación de N por árboles.

Mogollón *et al* (1997), muestra el efecto positivo de árboles leguminosos sobre el nitrógeno potencialmente disponible (Npd) en plantaciones de café manejado bajo diferentes tipos de sombra en suelos con pH moderadamente ácidos. El café asociado con *Inga villosissima* (SBI) obtuvo valores de 141 kg ha⁻¹ los que son más alto que el valor de 85.1 kg ha⁻¹ encontrados bajo café-cítrico (SBC). La contribución por parte de esta leguminosa es debido probablemente al aporte de N por fijación biológica y por caída de hojarasca y el aporte de raíces.

Babbar and Zak (1994) obtuvo en plantaciones de café en presencia y ausencia de árboles de sombra bajo suelos ácidos, obtuvo resultados satisfactorios, donde la mineralización neta del N y la nitrificación neta fue alto (14.8 g N m⁻² año⁻¹) en sistema de café en asocio con poro, que en plantaciones sin sombra (11.1 g N m⁻² año⁻¹). La forma disponible del N que mayormente se presentó fue nitrato (NO₃⁻), lo que es todavía más importante para ser absorbido por las plantas; estos resultados sugieren que el ciclaje de nitrógeno es mayormente conservado en plantaciones con sombra que sin sombra.

Por otro lado Solórzano (1997) señala que existen inhibidores de la nitrificación los cuales suprimen las bacterias que oxidan el amonio, los cuales son responsables de la oxidación de amonio a nitrito lo que ocurre en la primera etapa de la nitrificación. También muchos pesticidas y fumigantes de suelo son potenciales inhibidores de la nitrificación según Munévar, (1983).

2.3.- Factores que inciden en pérdidas del nitrógeno.

2.3.1.- Inmovilización.

En el suelo ocurre un proceso contrario a la mineralización como es la inmovilización del N; que es la transformación de compuestos inorgánicos de nitrógeno como NH₄⁺, NH₃⁺, NO₃⁻, NO₂⁻, al estado orgánico. Esto ocurre por los microorganismos del suelo que asimilan los compuestos de N inorgánico y los transforman en constituyentes nitrogenados orgánicos de sus células y tejidos. Este proceso ocurre con valores de relación C/N mayores de 30 en residuos aplicado; que al morir esto el nitrógeno orgánico retorna al suelo nuevamente. El proceso se ve favorecido por la presencia de materiales con elevado contenidos de carbono como fuente energética, es decir si la concentración de compuestos nitrogenados en el material orgánico no es suficiente para las necesidades de los

microorganismos durante la descomposición probablemente induzca a la inmovilización. (Solórzano, 1997; Rivero, 1999; Fuentes, 1994).

2.3.2.- Volatilización.

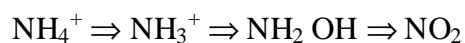
Comprende las pérdidas de nitrógenos inorgánicos principalmente, en forma de gas amoníaco, hacia la atmósfera por medio estrictamente químicos; el hidróxido del amonio formado se disocia en amoníaco y agua $\text{NH}_4\text{OH} \Leftrightarrow \text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O}$. Estas pérdidas dependen del suelo y factores climáticos. Con valores de pH, mayores de 7, los iones NH_4^+ pueden convertirse en NH_3 (gas amoníaco) el cual se pierde en la atmósfera si el suelo está seco (Bertsh, 1998). Además están asociadas a la textura del suelo, disminuyendo desde suelo arenosos a arcillosos por incremento en la absorción física y química debido a incrementos en la superficie específica y en la capacidad de intercambio catiónico (CIC). Por esta razón, la inyección de amoníaco al suelo como fertilizante no es recomendable en texturas gruesas. Por otro lado, el incremento del contenido de humedad del suelo tiende a disminuir las pérdidas del amoníaco, por que se llega a un punto donde el contenido de humedad es suficientemente alta para formar NH_4OH (Solórzano, 1997; Fassbender y Bornemisza, 1987).

2.3.3.- Desnitrificación.

La desnitrificación es un proceso biológico realizado por organismos heterótrofos como: *Basillus desnitrificans*, *Vibrio desnitrificans* *Triobasillos desnitrificans*, que son bacterias anaeróbicas. Este proceso ocurre cuando el oxígeno es limitante y en presencia de compuestos orgánicos no nitrogenados como carbohidratos, celulosas, sales de ácidos grasos volátiles que son oxidados por el oxígeno liberado por los nitratos que proveen la energía necesaria para la reacción. Condiciones que favorecen son el mal drenaje debido a que causa una pobre aireación, temperaturas superiores a 25 °C, y suelos con tendencia a reacción neutra ya que la actividad de las bacterias desnitrificantes es muy restringida a $\text{pH} < 5.0$ (Fassbender y Bornemisza, 1987; Solórzano, 1997).

La primera etapa de la desnitrificación es la reducción de nitrato (NO_3^-) a otros productos intermedios óxido nítrico (NO) y óxido nitroso (N_2O), que es un gas de alto efecto

invernadero y se pierden también en la atmósfera, puede ocurrir durante la nitrificación según la reacción siguiente:



La última etapa de la desnitrificación es la producción de N_2 , que ocurre cuando el nivel de la humedad del suelo corresponde a más de 80 % de relleno de los poros. Ocurre durante la reacción siguiente:



La fuente mas importante de perdidas de nitrógeno del suelo como producto gaseoso es la desnitrificación, estas pérdidas oscilan entre 0 –70 %, pero es mas común encontrar entre el 10 a 30 % del nitrógeno en los suelos bien drenados (Fassbender y Bornemisza, 1987).

2.3.4.- Lixiviación.

En el ciclo del nitrógeno, otra vía de pérdida importante del N en el suelo es el lavado hacia las partes mas profundas del perfil del suelo. Los nitratos son los que se pierden mayormente por lavado, aunque en suelo arenoso el NH_4^+ también puede perderse por esta vía. Estas perdidas están determinadas por la cantidad e intensidad de lluvias, las condiciones de la superficie del suelo que permiten una mayor o menor infiltración, y la permeabilidad del perfil (Fassbender y Bornemisza, 1987, Solórzano, 1997). Según Fuentes (1994), la pérdida por lixiviación es importante cuando hay un gran movimiento descendente del agua y la actividad radical es escasa. Los suelos con textura gruesa con buena permeabilidad y escasa retención de agua, registran perdidas de nitrógeno mas intensas (Domínguez, 1997). Por ello, se produce con mayor intensidad en suelo desnudo que en suelo cultivados y pueden ser de consideración en la época lluviosa. En suelos desnudos estas perdidas pueden variar de 30 a 150 kg ha^{-1} , mientras que en suelos cultivados varían 30 a 80 kg ha^{-1} (Fuentes, 1994). Como orden de magnitud del movimiento de infiltración de los nitratos, puede establecerse que con una lluvia de 100 mm los nitratos descienden 60 cm en los suelos arenosos, 30 cm en los suelos medios y tan solo 20 cm en los suelos arcillosos (Domínguez, 1997). Durante los periodos de sequía, una parte del nitrógeno lixivado puede subir por capilaridad hasta la superficie, esto ocurre generalmente cuando los cultivo están en un estado vegetativo avanzado, con el sistema radicular bastante profundo. El nitrógeno que no ha sido aprovechado por las plantas en la

subida queda retenido en la zona superficial, desde donde una lluvia o un riego lo trasladan de nuevo hasta la zona radicular (Fuentes, 1994).

2.3.5- Fijación del amonio por las arcillas.

El complejo arcillo- humico esta cargado de un exceso de electricidad, por lo que solo fija los cationes cargados de electricidad positiva, los aniones quedan por tanto, en la solución del suelo (Guerrero, 2000).

El ion amonio puede ser fijado en el entramado de algunas arcillas tipo 2:1, quedando inaccesible para la planta durante largo periodos de tiempo (Fuentes, 1994). Algunos minerales arcillosos, como vermiculita e ilita, pueden fijar amonio. La fijación del NH_4^+ que ha sido aplicado recientemente al suelo, puede ocurrir en partículas del tamaño de la arcilla (menor de 0.03mm de diámetro), del tamaño de limo (0.003 a 0.05mm de diámetro), y del tamaño de la arena (0.05 a 2mm de diámetro), pero únicamente si el suelo contienen cantidades considerables de vermiculita. Las partículas de arcillas gruesa cercana al limite de 0.003mm y las de limo fino, cercana al mismo limite, son las mas importantes en los mecanismos de fijación de amonio. La presencia de potasio en las arcillas, disminuye frecuentemente la fijación de NH_4^+ . La fertilización de potasio, antes de la fertilización con amonio, reduce los mecanismos de fijación de este ultimo (Kass, 1998).

2.3.6- Extracción de las cosechas.

La cantidad de nitrógeno extraído por los cultivos depende de la planta cultivada y del rendimiento de la cosecha, pudiendo oscilar en el año entre 50 y 250 kg ha⁻¹. En el cultivo de leguminosas el balance de nitrógeno extraído y aportado puede ser favorable a las aportaciones (Fuentes, 1994).

Las plantas presentan características genéticas de selectividad para la absorción de NO_3^- y NH_4^+ , aunque la mayoría de las especies son capaces de absorber ambas formas. Después de la absorción en la planta, se forman nuevamente sustancias orgánica nitrogenadas cerrándose prácticamente el ciclo suelo – planta. La absorción de NO_3^- implica que en la planta tienen que reducirse a NH_4^+ para poder ser utilizada en la formación de proteínas (Fassbender, 1993).

El NO_3^- y NH_4^+ son compuestos que tienen una determinada carga electrostática. En el suelo se presenta una interacción entre un catión (NH_4^+) y los cambiadores de suelos que son las arcillas, las sustancias húmicas, los óxidos de Fe, y Al que tienen carga positiva, formándose una fase de NH_4^+ cambiante, hasta cierto punto disponible para las plantas. En el suelo existe un equilibrio químico entre el NH_4^+ y el complejo de intercambio. En el momento en que la planta absorbe NH_4^+ , se libera del complejo coloidal NH_4^+ para compensar la pérdida debida a la absorción, existiendo de esta manera una disponibilidad continua de NH_4^+ . Por otro lado el NH_4^+ puede ser lixiviado perdiéndose en el agua. El NO_3^- puede ser absorbido en la superficies coloidales, siempre cuando tengan carga positiva y atraiga a las negativas (Fassbender, 1993).

La formación de las reservas de NO_3^- y NH_4^+ es altamente dependiente del pH. Con valores bajo de pH se generan cargas electropositivas donde se absorben los NO_3^- . Existe un punto en el cual las cargas positivas y negativas de los complejos de intercambio desaparecen, presentándose entonces coagulación con rápido lavado de los NO_3^- a través del perfil del suelo, perdiéndose así el N (Fassbender, 1993).

Los elementos nutritivos que las plantas toman del suelo provienen de las rocas (salvo en el caso del nitrógeno, que se encuentra en el aire), que al degradarse lentamente se convierten en compuestos solubles. Estos compuestos se disocian en el agua del suelo en ion positivo (cationes), y negativos (aniones), los iones pueden estar libres en la disolución del suelo o pueden ser absorbidos por las partículas coloidales del mismo, el ion amonio (NH_4^+) se encuentran absorbidos por los coloides del suelo y una pequeña proporción disuelta en el agua del suelo. Los iones nitrato (NO_3^-) y nitrito NO_2^- se encuentran libres en la solución del suelo. Las forma absorbidas en los coloides o contenidas en la disolución del suelo representa solo el 2 % del N total del suelo y, sin embargo, tienen una gran importancia, puesto que la planta absorben el N bajo esas formas (Fuentes, 1994).

III.- MATERIALES Y MÉTODOS

3.1.- Ubicación del ensayo.

En el 2001, se establecieron las réplicas I y II del ensayo de café bajo diferentes sistemas de manejo, ubicados en áreas del Centro de Capacitación y Servicios Regional del Pacífico de Nicaragua (Jardín Botánico) de la Unión Nicaragüense de Cafetaleros (UNICAFE), y en 2002 se estableció la tercer réplica en el Centro Experimental de Campos Azules (CECA), todos localizados en el municipio de Masatepe, departamento de Masaya, con las coordenadas geográficas 11° 54' latitud Norte y 86° 09' longitud Oeste (Blanco *et al* 2002), a una altitud de 455 msnm, siendo una zona baja y seca con suelos fértiles con una precipitación promedio anual de 1386 mm, una temperatura promedio anual de 28 °C, mostrando una estación seca de seis meses (Haggar y Staver 2001).

3.2.- Diseño experimental

El ensayo fue establecido en un diseño de bloques completos al azar en parcelas divididas con tres repeticiones, distribuyéndose dos factores de estudio para un total de 14 tratamientos con tres repeticiones (Cuadro 1), limitado este número, debido a la falta de terreno disponible y mano de obra para la toma de datos, no teniendo todas las parcelas grandes el mismo número de sub-parcelas, originando un experimento incompleto como es descrito en los Anexos 1, 2 y 3.

3.2.1. Factores de estudio

El estudio consistió de diferentes combinaciones de especies de sombra (Factor A) distribuidos en las parcelas grandes y diferentes niveles de insumos (Factor B) distribuidos en las subparcelas experimentales, describiéndose de la siguiente manera:

Factor A: *Especies de sombra.* Los cinco niveles se ubicaron en las parcelas grandes o principal, el cual consiste en la combinación de dos especies de árboles de sombra para café con distancias de siembra de 4 m entre hilera y 3.75 m entre árbol, con densidades de 666 árboles por hectárea; las características de las especies a evaluadas se muestran en el Cuadro 1. El cafeto es de la variedad Paca con distancias de siembra de 2 m entre hilera y

1.25 m entre plantas, con densidades de 4,000 plantas por hectárea. Adicionalmente se incluyó para hacer comparaciones estadísticas una parcela a pleno sol.

Cuadro 1. Características de las especies de sombra a evaluar en Masatepe, Nicaragua.

ESPECIES	NOMBRE COMÚN	FONOLOGÍA	TIPO DE COPA	FIJADOR NITROGENO	USO
<i>Simarouba glauca</i> .	Aceituno	Siempre verde.	Alto estrecha.	No	Maderable
<i>Tabebuia rosea</i> .	Roble	Caducifolia.	Alto estrecha.	No	Maderable
<i>Enterolobium cyclocarpum</i> ¹ .	Guanacaste	Caducifolia.	Alto amplio.	Si	Maderable
<i>Inga laurina</i> .	Guaba	Siempre verde.	Bajo amplio.	Si	Servicio
<i>Samanea sama</i> .	Genízaro	Siempre verde.	Bajo amplio.	Si	Maderable

Factor B.- Niveles de insumos. Corresponden a las aplicaciones de fertilizantes químicos y orgánicos en diferentes dosificaciones, según las características del nivel. En los Anexos 5, 6, 7 y 8 se detallan cada uno de los niveles de insumos que se utilizaron en el ensayo.

Cuadro 2. Descripción de los tratamientos en las parcelas principales y sub-parcelas.

En parcelas grandes: Factor A	Parcelas pequeñas: Factor B			
	Convencional Extensivo (MC)	Convencional Intensivo (AC)	Orgánico Intensivo (MO)	Orgánico extensivo (BO)
<i>Inga laurina</i> + <i>Simarouba glauca</i> (ILSG)				
<i>Simarouba glauca</i> + <i>Tabebuia rosea</i> (SGTR)				
<i>Samanea saman</i> + <i>Inga laurina</i> (SSIL)				
<i>Samanea saman</i> + <i>Tabebuia rosea</i> (SSTR)				
Café a pleno sol (PS)				

Factor C: sitio de muestreo.

El muestreo del suelo se realizó en el área correspondiente a la subparcela útil (interacción de factor A y B), se ubicaron 6 puntos de muestreo tanto en el sitio correspondiente a la hilera y otro en el centro de la calle de los cafetos. Dado que existen establecidas en las subparcelas dos especies de sombra se realizaron tres puntos de muestreo por especies que correspondieron a tener una referencia de tres árboles seleccionados. La extracción de la muestra de suelo se hizo en tres posiciones diferentes, la primera posición a tomarse fue contiguo al árbol de sombra, una segunda se realizó a una distancia de 0.60 m del árbol de

¹ El *Enterolobium cyclocarpum* fue eliminado en el año 2004 debido a la alta pérdida de plantas y un débil crecimiento alcanzado hasta este año. La especie sustituta es *Samanea saman* (Genízaro) el cual fue plantado en el año 2002



Foto 1.- Muestreo de suelos entre hileras del cafetal

café y una tercera a una distancia de 1.20 m; todas en la línea del cafeto de igual forma se procedió al realizar el muestreo en la calle.

Se empleo un marco cuadrado de 0.36 m² (0.6m x 0.6m) en la hilera el cual cubrió ambos lados. En cada punto de muestreo se obtuvieron tres submuestras en forma diagonal a una profundidad de 0 -10 cm. por medio del uso de tubo pvc de dos pulgadas de diámetro, las submuestras obtenidas en los seis puntos de muestreo por subparcela se homogenizaron y se obtuvieron una muestra compuesta de 0.5 kg. de suelo fresco. Dicha muestra

se identifico por medio de códigos establecidos previamente para evitar confusión en el manejo de las muestras en el campo y laboratorio.

El mismo procedimiento se efectuó en la obtención de las muestras compuestas en el sitio de muestreo de calle; la muestra compuesta obtenida de hilera y calle se almaceno en recipientes durante el periodo antes de llegar al laboratorio y la respectiva extracción en condiciones frescas estos fueron colocados temporalmente en termos y lo mas inmediato se transporte al laboratorio para la aplicación del análisis del laboratorio por el método anaeróbico descrito por Anderson e Ingran (1993).

3.2.2. Variables evaluadas

Las muestras de suelo extraídas en cada una de las subparcelas experimentales, bajo condiciones de laboratorio se determinó la cantidad de Nitrógeno mineralizado bajo la forma $N-NH_4^+$, tanto en 2002 y en el 2006, utilizando el método anaeróbico en tiempo 0 y a los 7 días después de la primera extracción. Con ello se obtuvieron las tasas de mineralización en $mg\ kg^{-1}$ de suelo por día a la cual se les realizó los análisis correspondientes.

3.3.- Área del experimento

El área de la parcela experimental que conforma la repetición **I** (Níspero) la menor es de 500m² y la mayor es de 840m² para un área total de 10,085m², el área de la repetición **II** (Mamón) la menor es de 720m² y la mayor es de 850m² para un área total de 11,090m² y el área de la repetición **III** (CECA) la menor es de 520m² y la mayor es de 870m² para un área total de 10,170m² para un área total del experimento de 31,345m (anexo 4).

3.4.- Análisis estadísticos de los datos

Con los datos que se obtuvieron de las variables se realizó el análisis de varianza (ANDEVA), con el fin de encontrar diferencias significativas o no entre los factores (Combinación de especies de árboles de sombra y niveles de insumo) en la producción de materia vegetal depositada sobre el suelo, así como en su contenido de nutriente. El modelo aditivo lineal para el diseño de parcelas divididas establecidas en bloques completos al azar para el análisis de los datos es el siguiente:

$Y_{ijk} = \mu + r_k + a_i + (ra)_{ik} + b_j + (a b)_{ij} + e_{ijk} \dots \dots$ donde:

Y_{ijk} : La k-ésima observación del i-j-enésimo tratamiento.

μ : Media general.

r_k : Efecto de la replica o bloque.

a_i : Efecto del aporte de hojarasca al mantillo por la combinación de árboles de sombra (Árboles de sombra, parcela grande).

$(ra)_{ik}$: Error asociado a los árboles de sombra.(parcelas grandes).

b_j : Efecto de los niveles de insumo.

$(a b)_{ij}$: Efecto de interacción de los árboles de sombra con los niveles de insumo.

e_{ijk} : Error asociado a los niveles de insumo (sub parcelas).

Si se designa:

$i = 1, 2, 3, 4, 5$. = Combinación de especies de árboles de sombra.

j = 1, 2, 3,4. = Niveles de insumo aplicados.

k = 1, 2, 3. = número de bloques o replicas.

Para determinar el orden de comportamiento de los diferentes niveles de los factores e interacciones en el estudio, se aplicó la separación de medias de las Diferencia Mínimas Significativas (LSD); y se utilizó como herramienta el programa estadístico Statistic Análisis Systems versión 8 (SAS Institute Inc. 1999). Se correlacionaron las tasas de mineralización con los promedios de las interacciones de: Cosecha 2005 -2006, total de la producción de los cuatro ciclos, aportes de N vía fertilización y el N vía residuos vegetales.

3.5.- Procedimiento de laboratorio para la determinación del N- NH_4^+ por el método anaeróbico.

Las muestras de suelo frescas en el laboratorio se procedieron a pesar y a obtener tres submuestras las que fueron destinadas para:

Submuestra 1. Se pesaron 10 g de suelo en una balanza analítica de 0.01 g de precisión las que sirvieron para la extracción de tiempo 0. Estas submuestras se colocaron en un recipiente o envase de plástico (vaso plástico con tapa W_1), al que se le agregaron 100 ml de una solución de KCl al 1N; la cual tiene la función de extraer o el N- NH_4^+ .

La solución obtenida (suelo fresco + KCl 1N) se procedió a su agitación en un equipo denominado agitador reciproco con 60 oxilaciones por minuto por un periodo de 60 minutos con la finalidad de obtener una distribución uniforme de la solución y realizar la extracción. Seguidamente se procedió a filtrar la solución de cada muestra a otro envase con un papel filtro numero 1 y se dejo hasta que se filtro totalmente. La solución que quedo después de su filtrado se guardo cerrado herméticamente para realizar la determinación del N- NH_4^+ .

Submuestra 2. Se pesaron 5 g de suelo en una balanza analítica de 0.01 g de precisión la que servirá de tiempo 7. Estas submuestras se colocaron en un recipiente o envase de plástico (vaso plástico con tapa W_1), al que se le agregaron 12.5 ml de agua destilada inmediatamente se eliminaron burbujas de aire que se observaron. Luego de eliminar burbujas de aire se sello el envase herméticamente con parafilms para evitar el intercambio de gases o pérdidas de amonio. La solución obtenida (suelo fresco + agua destilada) se colocaron en una estufa a 40 °C por un periodo de 7 días.

Después de los 7 días a cada envase se le adicionaron 12.5 ml de KCl2N y se procedió a su agitación en un equipo denominado agitador reciproco con 60 oxilaciones por minuto por un periodo de 60 minutos con la finalidad de obtener una distribución uniforme de la solución para realizar la extracción.

Seguidamente se procedió a filtrar la solución de cada muestra a otro envase en un papel filtro numero 1 y se dejo hasta que se filtro totalmente. La solución que quedo después de su filtrado se guardo cerrado herméticamente para realizar la determinación del N- NH₄⁺ por el método colorimetrico.

Submuestra 3. Se pesaron 10 g de suelo en una balanza analítica de 0.01 g de precisión, la que sirvio para la determinación del porcentaje de humedad. Esta submuestra se coloco en un recipiente de aluminio que también se peso para obtener el peso del suelo húmedo mas el tarrito (psht) luego se coloco en un horno a 105 °C por un periodo de 2 horas que finalmente se obtuvo el peso del suelo seco mas el tarrito (psst).

Calculo para la determinación del porcentaje de humedad de suelo y peso seco del suelo redescrito por Anderson e Ingran (1993):

$$\text{Porcentaje de humedad de suelo} = (W_1 - W_2) / (W_2) \times 100$$

$$\text{Peso seco del suelo} = (100) / (100 + \text{porcentaje de humedad}) \times (W_1)$$

Donde: W₁ := Muestra suelo húmedo; W₂ = Muestra suelo seco.

Determinación de nitrógeno amoniacal N-NH₄⁺ (método indofenol o colorimetrico).

Para realizar la determinación de nitrogeno amoniacal N-NH₄⁺ se utilizó el procedimiento descrito por Houba (1989): Pipetear 0.4 ml de extracto de la serie estándar, blanco, control y muestra en tubos de ensayo o frasco de apropiados (beaker de 25 ml por ejemplo). Se agregó 6 ml del reactivo mixto – I (solución de Na – salicilato de la solución de Na – nitropluside de la solución de Na₂EDTA. y mezcló. Luego 10 ml del reactivo mixto – II (solución de buffer (pH12.3) de solución de NaCl100.7%), y se mezclo nuevamente.

Se dejo estas soluciones en reposo por lo menos 2 horas hasta que el color alcanzó su máxima intensidad (el color es estable por lo menos 10 horas). Se midió la absorbancia a 660 nm.

Calculo.

$$\text{N-NH}_4^+ \text{ (mg/ kg de suelo)} = (a - b) \times 50 \times \text{Fch} / w$$

Donde: a = concentraciones de N- NH₄⁺ medido en el extracto (mg / L);

b = concentraciones de N- NH₄⁺ medido en el blanco (mg / L);

w = peso del suelo (g);

Fch = factor de humedad.

IV.-RESULTADO Y DISCUSION.

4.1.- Efecto del tipo de sombra sobre la mineralización del (N-NH₄⁺).

Con respecto a los resultados obtenidos en el presente estudio, las tasas de mineralización no mostraron diferencia estadística entre los tratamientos (niveles de sombra) lo cual

Cuadro 3.- Tasa de mineralización producida por los niveles de sombra Nmg/kg.

Tipsom	Tasa de mineralización N-NH ₄ ⁺ (mg kg ⁻¹)	
	2002	2006
SS/IL	11,76	21,83
SS/TR	10,34	21,96
IL/SG	11,81	24,31
Psol	9,92	16,28
SG/TR	11,31	21,19
pr > F	0,294	0,5735

SS = S. saman; IL = I. laurina; TR = T. rosea; Psol = Pleno sol; SG = S. glauca

fijación biológica (*I. laurina*) y mayor aporte de residuos vegetales, tal como fue corroborado por Altamirano (2005) donde cuantificó una mayor producción de hojarasca y restos de poda en su estudio realizado en el mismo sistema agroforestal, donde el tratamiento ILSG tuvo un mayor aporte de biomasa total al mantillo de 10,007 kg ha⁻¹ de materia seca y de 148.59 kg ha⁻¹ N, el cual es atribuido a los árboles de sombra que aportaron 62.66 % de la biomasa total al mantillo y en menor cantidad Psol con un total de 3,917 kg.ha⁻¹ y 72.55 kg ha⁻¹ N.

muestra un comportamiento similar entre ellos (Cuadro 3). Sin embargo, al compararse los resultados entre el 2002 y 2006, se observó un incremento en la tasa de mineralización del nitrógeno en el suelo a la profundidad 0 – 10 cm; en donde el tratamiento de sombra formado por *I. laurina* + *S. glauca* obtuvo el mayor aporte del N mineralizado de 11.81 (2002) a 24.31 mg kg⁻¹ (2006) y una mineralización menor en el tratamiento de café a pleno sol (Psol) de 9.92 a 16.28 mg kg⁻¹. El comportamiento mostrado por *I. laurina* + *S. glauca* es debido probablemente al aporte de N por

Cuadro 4.- Tasa de mineralizado de nitrógeno en el suelo (N en mg kg⁻¹), por efecto del nivel de insumo.

Insumo	Tasa de mineralización N(mg/kg)	
	2002	2006
AC	11,54	16,44 c
BO	9,09	22,28 ab
MC	11,35	19,01 bc
MO	11,71	27,06 a
pr > f	0,1084	0,0017

AC = Alto convencional; BO = Bajo orgánico; MC = Moderado convencional; MO = Moderado orgánico.

Estudios realizados por Aranguren et al (1982) reportaron para un cafetal con *Inga* spp, *Erythrina* spp, y otros árboles de sombra, la cantidad de 11,200 kg de ha⁻¹ año⁻¹ materia seca de hojarasca. En estos sistemas según Nair (1997) puede darse variaciones por diferencias características del sitio, métodos de muestreo, prácticas de manejos, densidades y tipo de especies y otros.

Los restos vegetales de cualquier naturaleza bajo una vegetación permanente caen periódicamente al suelo y constituyen la principal fuente de materia orgánica (Labrador, 1996). Estos residuos contribuyen a la fertilidad y ayudan a mantener la humedad en época seca (Beer, 1982). Su determinación permite descubrir las reservas orgánicas y minerales que se encuentra localizada en la zomasa y fitomasa del sistema distribuido en los compartimientos como tallo, rama y raíces (Alpizar et al, 1983). La materia orgánica del suelo es la fuente por excelencia de nitrógeno el cual lo disponibiliza a través del proceso de mineralización (IICA, 1999).

Con respecto a los niveles de insumo los resultados (Cuadro 4) obtenidos no mostraron diferencias estadísticas para el año 2002, mientras que en el año 2006 sí presentaron diferencias estadísticas. Los resultados muestran un incremento en la tasa de mineralización de N en el suelo para el año 2006. El MO aportó una mayor tasa de mineralización de N con 11.71 y 27.06 N mg kg⁻¹ en 2002 y 2006 respectivamente. Esta diferencia corresponde en cierto grado al tipo de manejo de la fertilización donde el nivel MO incorpora mayor cantidad de materia orgánica al suelo y esto ha hecho que la población de microorganismos se incremente y haya mayor actividad de los mismos por ende mayor mineralización del N. Los aportes de N (kg ha⁻¹) vía fertilización edáfica en el 2005 en las parcelas SGIL (79.00), SGTR (87.25), SSIL (87.25), SSTR (79.00) y pleno sol (108.00) respectivamente.

Solórzano (1997) menciona que el nitrógeno del suelo se encuentra asociado a la materia orgánica, el cual sufre una serie de transformaciones en el suelo, como fuente de carbono y energía para organismos heterotróficos del suelo que van descomponiendo y transformando el nitrógeno a forma mineral, además de ser una fuente de nutrientes ofrece una serie de beneficios sobre las propiedades biológicas del suelo al suplir sustrato para un mejor desarrollo de los microorganismos y la microfauna del suelo. En relación a esto, un estudio realizado por Morraz y Herrera (2006) en este mismo ensayo determinó una mayor actividad biológica al encontrar mayor biomasa microbiana en los tratamientos orgánicos,

así mismo en esta misma área, un estudio realizado por Altamirano (2005), determinó para este mismo sistema de manejo orgánico el mayor aporte de biomasa de mantillo con un promedio de 8,509 kg ha⁻¹, mientras que el AC produjo 5,482. Con respecto a las interacciones tipo de sombra mas niveles de insumos (Cuadro 5) no presentaron diferencia estadística entre los tratamientos, sin embargo al compararse los resultados cuantitativos obtenidos se encontró un incremento de la tasa de mineralización con respecto al tiempo. El tratamiento con no leguminosas (*S. glauca* + *T. rosea*) en combinación con moderado

Cuadro 5 Tasa de mineralización del nitrógeno en el suelo N mg/kg por aporte de los niveles de sombra e insumos.

Tipsom + Insumo	Tasa de mineralización N(mg/kg)	
	2002	2006
SSIL + AC	12,71	21,39
SSIL + BO	9,03	22,39
SSIL + MC	12,96	17,6
SSIL + MO	12,34	26
SSTR + MC	10,58	19,32
SSTR + MO	10,11	24,61
ILSG + MC	11,25	21,62
ILSG + MO	12,37	27
Psol + AC	9,66	13,58
Psol + MC	10,18	18,98
SGTR + AC	12,24	14,43
SGTR + BO	9,16	22,17
SGTR + MC	11,8	17,51
SGTR + MO	12,03	30,65
pr > F	0,9952	0,3419

SS = *S. saman*; IL = *I. laurina*; TR = *T. rosea*; Psol = Pleno sol; SG = *S. glauca*; AC = Alto convencional; BO = Bajo orgánico; MC = Moderado convencional; MO = Moderado orgánico.

orgánico (MO) obtuvo la mayor tasa de mineralización del nitrógeno, seguidos de sombra mixta (*I. laurina* + *S. glauca*) y el insumo MO, así también la sombra de leguminosa (*I. laurina* + *S. saman*) combinado con MO, siendo este estadísticamente similar al comportamiento de la otras interacciones, mientras que el tratamiento AC con Psol reflejo la menor tasa de mineralización del nitrógeno en el suelo; ésta diferencia se debe, al mayor aporte de biomasa producto del manejo de la sombra (poda) y fertilización orgánica que ayuda a conservar la materia orgánica e incrementa la actividad de los microorganismos en el suelo que dispone nutrientes al sistema a través del proceso de mineralización. Los resultados obtenidos por Morraz y Herrera (2006) sobre el porcentaje de biomasa microbiana reflejo mayor población y actividad en presencia

de las combinaciones de sombra con niveles de insumos MO en comparación con Psoł mas AC. Estudios realizados por Fibl (2000) y Reganold (1988), observaron que los tratamientos orgánicos logran hasta un 50 % más de biomasa microbiana que los convencionales. Los resultados obtenidos por Morraz y Herrera (2006) en este mismo ensayo demuestran que los tratamientos orgánicos obtuvieron un mejor balance de pH entre 6.4 a 6.5 superando a los convencionales extensivos (MC) con sombra mixta e igualmente a pleno sol los que reflejarón valores entre 5.6 a 5.9. Otro estudio realizado por Salinas (2000) monitoreando la mineralización de N de cuatros especies leguminosa arbóreas, esta se vio favorecida por el pH del suelo cercano a la neutralidad, el cual es el rango a h que se encuentra las mayores poblaciones de agente degradativos. Tisdale y Nelson (1988), afirman que el proceso de mineralización tiende a disminuir con la acidificación del suelo, pero no la elimina, siendo la producción de nitrógeno mayor en suelo con pH ligeramente cercano a la neutralidad, en comparación a lugares altamente ácidos, produciéndose una acumulación de nitrógeno orgánico, probablemente por la baja mineralización del material como consecuencia de la poca actividad microbiana.

Entre los beneficios de los árboles al suelo están el mantenimiento de su fertilidad por medio del ciclaje de nutrientes, de la materia orgánica a través de la producción y descomposición de la hojarasca y residuos de podas, que con el proceso de mineralización, pueden llegar a la solución del suelo en forma mineral y retornar a la planta a través de las raíces (Vaast, 2001; Montagnini et al, 1999), en caso contrario en las plantaciones de café sin sombra Bertrand y Rapidel (1999) hacen referencia que se caracterizan por una mala protección del suelo, bajo en la restitución de materia orgánica, en el ciclaje de nutrientes y

Cuadro 6.- Tasa de mineralización del nitrógeno en el suelo N mg/kg por efecto del sitio de muestreo (calle + hilera).

Posición del muestreo	Tasa de mineralización N(mg/kg)
	2006
Calle	24,22 a
Hilera	18,23 b
pr > F	< 0,0001

en una alta exportación de los mismo. En este sentido los árboles contribuyen a la fertilidad del suelo y en el caso específico el N en dos vías, según Sánchez (1982) una es la fijación biológica en especies leguminosas y la otra es la remoción y absorción de nutrientes de las profundidades del suelo por medio de sus raíces.

Los resultados obtenidos del análisis estadístico para el factor sitio de muestreo (calle e hilera), presentaron diferencias estadísticas.

Observándose que el sitio de muestreo en calle presento la mayor tasa de mineralización de nitrógeno al compararse con el sitio en la hilera (Cuadro 6).

La diferencia mostrada se debe probablemente al manejo de la hojarasca y residuos de poda llamado carrileo que se realiza como practicas de manejo al sistema para facilitar la fertilización del cultivo, así también en ésta área se presenta una mayor actividad de parte de las raíces (Foto 1). Por ello, Morraz y Herrera (2006) determinaron una mayor actividad microbiana en el sitio de muestreo en calle.



Foto 2.- Labor de carrileo en café

4.2.- Regresión y correlación entre la producción de grano oro del ciclo 2005 – 2006, el total de la producción de cuatro ciclos y las tasas de mineralización del Nitrógeno.

No existe duda respecto a la importancia destacada del nitrógeno en la fertilización. Es el elemento nutritivo cuya aplicación a los cultivos da una respuesta mas clara y consistente en la producción, y en el caso particular del café es altamente restrictivo para el desarrollo de los frutos, así como el de las hojas y ramas nuevas, después del agua, es el factor limitante de mayor trascendencia en el crecimiento vegetal, por ello, el conocimiento del status del nitrógeno en el sistema es clave para determinar la necesidad de fertilizar los cafetales, así como una buena programación de la fertilización (Domínguez 1997; Kass 1998, Quintero et al , 1998). El nitrógeno absorbido por las plantas directamente de la solución del suelo, tanto en forma nítrica (forma dominante) como amoniacal; según se ha podido comprobar, al revisar el sistema suelo- planta, la disponibilidad de este elemento para el cultivo depende, al margen del contenido en la solución del suelo, de la cantidad de materia orgánica y tasa de mineralización de la misma (Domínguez, 1997). Estudios del balance del nitrógeno en cafetales bajo sombra muestra que su incorporación al suelo a través de la descomposición de la hojarasca es mayor que la salida del sistema por la

cosecha de los frutos. Este no parece ser el caso para cafetales expuestos al sol donde los aportes por hojarasca son menos importantes (Quintero et al, 1998).

La influencia de la mineralización del N sobre la producción del ciclo 2005 – 2006 y del total de la producción de los cuatro ciclos, refleja que la relación es inversa y se puede afirmar que el cultivo del café no mejora los rendimientos productivos al haber una mayor mineralización del N, ya que este asimila una parte de la cantidad de este elemento en la solución del suelo y el resto queda expuesto a pérdidas por lixiviación, escorrentía, volatilización e inmovilización. Con respecto al total de la producción de cuatro ciclos se muestra que hay una mayor dispersión en comparación a la producción 2005-2006, con igual tendencia en la relación con las tasas de mineralización del N.

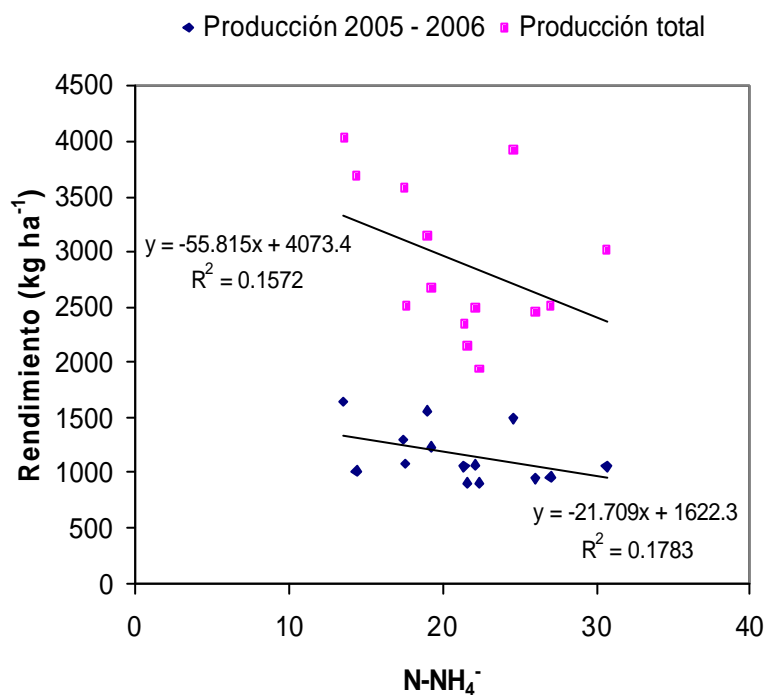


Gráfico 1. Relación entre producción total de cuatro ciclos, la producción del ciclo 2005 – 2006 y la mineralización del N-NH₄⁺.

aportes frecuentes de fertilizantes orgánicos (Wild, 1992). El aporte de nitrógeno a partir de minerales primarios es casi nulo; su contenido en el suelo depende del reciclaje de la materia orgánica del suelo y de los mecanismos de fijación. La forma común de hacer accesible este nutriente al suelo, es la explotación agrícola, es aplicando fertilizantes de origen industrial que contiene N (Kass, 1998).

La capacidad de un suelo para proporcionar el nitrógeno mineral que demandan los cultivos durante el ciclo completo de su desarrollo depende en gran medida de su reserva de nitrógeno orgánico, de la naturaleza de los residuos orgánicos y de la capacidad amonizadora de la población microbiana. Habitualmente se produce un enriquecimiento de N en los suelos que reciben

Por lo tanto, incluso para mantener el nivel existente, será necesario aplicar nutrientes al suelo para compensar dichas pérdidas. Muchos suelos, quizás la mayoría de ellos, necesitan elevar el nivel de uno o más nutrientes para que los cultivos puedan alcanzar su pleno potencial, en cuanto a crecimiento y rendimiento. Por consiguiente, es necesario utilizar fertilizantes y abonos orgánicos para que los suelos cultivados, sean estos arables, maderables o pastizales, conserven un nivel elevado de fertilidad y para que se alcancen altos rendimientos en las cosechas (FAO, 1986).

4.3.- Regresión y correlación entre las tasas de mineralización del N y los aportes de N hechos por fertilización y de residuos vegetales.

La sombra temporal o provisional es la que se utiliza para proteger el café de los rayos directos del sol durante los dos primeros años de establecidos. Antes del trasplante del café se recomienda la siembra de especies de rápido crecimiento, se usa principalmente cuando se establece un cafetal por primera vez. El sombrío temporal desaparece o se elimina cuando el sombrío permanente proporciona buena sombra al cafeto. Entre las especies más utilizadas se encuentran leguminosas como el gandul (*Cajanus cajan*), crotalaria arbustiva (*Crotalaria* sp), higuera (*Ricinus comunis*) y guineos o plátanos (musáceas), siendo estos últimos más recomendados por los ingresos que puede generar en esta primera etapa, cuando aun el café no ha entrado en producción (FHIA, 2004).

La cobertura arbórea puede proveer al sistema agroforestal de 5 a 20 toneladas de hojarasca y ramas dependiendo de la especie usada (Heuveldop et al, 1985). Según Guharay *et al* (2001), la hojarasca es la base de nutrientes y energía que disponen los organismos del suelo, y además afirma que la sombra protege a los microorganismos de alta temperaturas y cambios bruscos en humedad.

Toda la hojarasca que se forma en el suelo producto del arreglo de la sombra o que se cae por efecto natural, da origen a una cobertura, ésta ayuda a disminuir el impacto de las gotas de lluvia contra el suelo contribuyendo a disminuir la erosión y a su vez conserva la humedad del mismo en las épocas secas. También disminuye la proliferación de malezas. Otros estudios han demostrado que el café con sombra regulada almacena mayor cantidad de carbono en el suelo que el expuesto al sol, pues, este elemento forma dióxido de carbono en la atmósfera, y contribuye a aumentar el calentamiento del medio ambiente (ICAFE, 2001).

Los resultados del análisis de regresión lineal muestran que los aportes de N proveniente de los residuos vegetales de la sombra temporal incorporada en el 2002 y 2003, poda de árboles en 2004 y raleo 2005, no tienen una influencia sobre la tasa de mineralización de N en el suelo y su relación es muy baja (Gráfico 2). Mientras que la cantidad de N proveniente del mantillo en 2004 y las aplicaciones de N vía fertilización desde el 2000 al 2006, reflejan que afectan de alguna manera (tendencia inversa) a la tasa de mineralización del N en el suelo, sin embargo, la relación que muestran es muy baja (Gráfico 2), mostrando una alta dispersión.

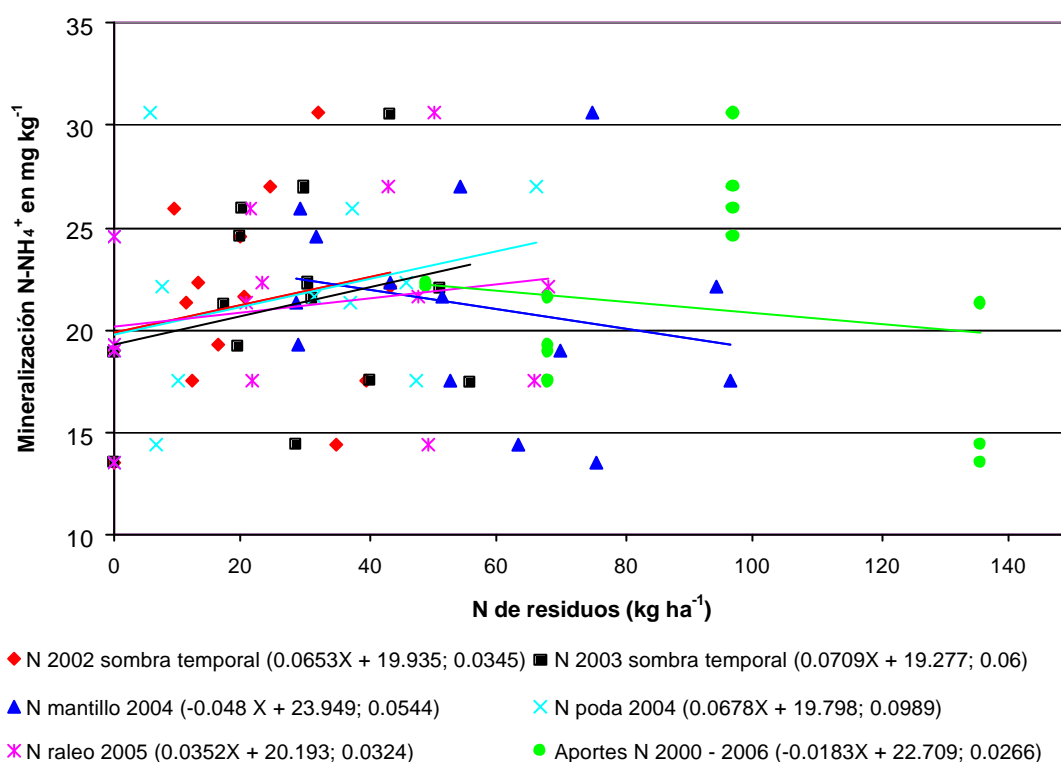


Gráfico 2. Relación entre las tasas de mineralización ($N-NH_4^+$) y los aportes de N por fertilización, residuos vegetales en sistemas agroforestales.

En función de las condiciones ambientales, las características de los árboles en el cafetal pueden reducir o aumentar la disponibilidad de agua y nutrientes a los cafetos. Efectos negativos por competencia por agua o nutrientes o por efectos alelopáticos suelen ocurrir particularmente con especies que crecen sumamente rápido, muchos de ellos exóticos al trópico americano. Ejemplos notorios incluyen varias especies de *Eucalyptus*, *Pinus*, o *Casuarina* aunque no se puede generalizar su comportamiento a todos los cafetales. Sin embargo, en el caso de árboles leguminosos como *Inga ssp* o *Erythrina spp* que

típicamente son preferidos para el manejo de sombra, por los aportes positivos de ellos por la fijación biológica de N, su producción de materia orgánica y su contribución a mejorar la retención y el ciclaje de nutrientes en cafetales (Beer et al, 1998). Como resultados de estos aportes, un experimento a largo plazo (10 años) con café bajo sombra de *Erythrina poeppigiana* (podando todas las ramas dos veces por año), produjo la misma cantidad de café con aproximadamente la mitad de los fertilizantes aplicados a la parcela a pleno sol (Ramírez, 1993). Además en ausencia de fertilizantes de nitrógeno, el aporte de materia orgánica y nitrógeno fijado de los árboles leguminosos (230 árboles ha⁻¹) elevó la producción de *C. arabica* a casi el mismo nivel como en las parcelas fertilizadas con 250 kg. ha⁻¹ año⁻¹ de fertilizantes nitrogenados. En contraste, en la parcela que recibieron fertilizantes nitrogenados los árboles no lograron aumentar la producción comparado con parcela fertilizada pero sin árboles.

Swift *et al.* (1979) señalan que las tasas de descomposición del mantillo están reguladas por tres grupos de variables: factores climáticos (fundamentalmente humedad y temperatura), la composición química del mantillo (calidad del recurso) y el tipo y cantidad de organismos (invertebrados y microorganismos). La calidad de la hojarasca afecta la abundancia, composición y actividad de la comunidad descomponedoras, por lo que es el factor principal que controla las tasas de descomposición de la materia orgánica y la liberación de nutrientes (Blair *et al.* 1990). La calidad del mantillo se define como su relativa descomponibilidad y depende de la mezcla de compuestos lábiles, recalcitrantes e inhibitorios (Vitousek *et al.* 1994); es una expresión del grado en que los constituyentes químicos optimizan los requerimientos nutricionales de los saprófitos y, por lo tanto, un factor clave que determina las tasas de descomposición (Anderson 1991).

V.- CONCLUSIONES

- No hubo diferencia significativa de sombra sobre la mineralización de nitrógeno.
- El nivel de insumo MO (Moderado orgánico) fue significativo en 27.06 N mg/kg (2006) mayor a AC (Alto convencional) y MC (Moderado convencional).
- Las interacciones de sombra no leguminosas, (*S. glauca* + *T. rosea*), Sombra mixta (*I. laurina* + *S. glauca*), así también la sombra de leguminosas (*I. laurina* + *S. saman*) en combinación con el nivel de insumo moderado orgánico (MO) no presentaron diferencias significativas.
- Hay una mayor tasa de mineralización del nitrógeno con 24.22 N mg/kg en el área entre las hileras del cafeto comparada con el área de la hilera con 18.23 N mg/kg.
- La producción de grano oro del ciclo 2005-2006, el total de la producción de cuatros ciclos no se relaciono con las tasas de mineralización del nitrógeno siendo inversa.
- Los aportes de nitrógeno proveniente de los residuos vegetales de la sombra temporal incorporada en el 2002 y 2003, poda de árboles en 2004 y raleo 2005, así como la cantidad de nitrógeno proveniente del mantillo en 2004 y las aplicaciones de N vía fertilización desde el 2000 al 2006 no se relacionaron con las tasas de mineralización del nitrógeno.

VI.- RECOMENDACIONES

- Realizar estudio de aprovechamiento del nitrógeno en las plantas de cafetos y relacionarlas con las tasas de mineralización de nitrógeno en el suelo bajo las condiciones del ensayo de sistemas agroforestal con café en Masatepe, Nicaragua.
- Realizar estudios de N en cuanto a la dinámica de mineralización bajo condiciones in situ utilizando el método aeróbico para determinar las cantidades de amonio y nitrato que producen bajo sistema agroforestal con café.

VII.- REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Altamirano, J. 2005.** Biomasa y nutriente de mantillo en diferentes sistemas de producción de café (*Coffea arabica L.*) en el municipio de Masatepe departamento de Masaya, Nicaragua. Tesis. Ing. UNA, Managua, Nicaragua 46 p.
- Alexander, M. 1987** introduccion a la microbiología del suelo. Editorial calypso, S. A. México, D. F.
- Alpizar, L. Fassbender H. W y Heuveltop, J. 1983.** Estudio de sistema agroforestales en el experimento central del CATIE: Determinación de biomasa y acumulación de Reservas Nutritivas (N, P, K, Ca, Mg), Turrialba, CR.27 p.
- Anderson, M. J; e Ingram, J.M. 1993.** Tropical soil Biology and Fertility. A handbook hoy Methods. 2^{da} edit. C. A. B. internacional. 215 p.
- Anderson, J. M. 1991.** The effects of climate change on decomposition processes in grassland and coniferous forests. (En línea) *Ecological Applications* 1:326-347. Consultado 28 abr. 2007. Disponible en http://www.scielo.cl/scielo.phd?pid=so717-92002006000200006&scrip=sci_arttext.
- Aranguren; G. Escalante and R. Herrera. 1982.** Nitrogen cycle of tropical perennial crops unders shade trees. *Plant and Soil*. 67: 247 – 258.
- Arzola, P; Fundora, H.O; Machado, A. J. 1984.** Suelo, planta y abonado. Editorial pueblo y educación. La Habana, Cuba. P. 112-139.
- Babbar, L.J; Zank, D.R. 1994.** Nitrogen cycling in coffee agroecosystems: Net mineralization and nitrification in the presence and absence of shade these. *Agriculture, Ecosystems and Enveronment*, 48: 107 – 113.
- Bertsch, H. F. 1998.** La fertilización de los suelos y su manejo. San José, Costa Rica. 157 p.
- Beer, J; Muschler, R; Kass, D; Somarriba, E. 1998.** Shade management in coffee and cacao plantations. *Agroforestry Systems*. 38:139-164. Consultado 28 abr.2007. Disponible en <http://www.orton.catie.ac.cr/REPDOC/A0280E/A02801E.PDF>.
- Beer, J.1982.** Sistemas agroforestales de cultivos perennes en Costa Rica. Centro agronómico tropical de investigación y enseñaza, CATIE. Departamento de Recursos Naturales Renovables.Turrialba, CR.17p.

- Betrand y Rapidel. 1999.** Introducción. In: Betrand, B. y Rapidez, B. Desafíos de la agricultura en Centroamérica. IICA/PROMECAFE.CRAD: IRD: IX- Xp.
- Blair, J.M; RW. Parmelee; MH. Beare. 1990.** Decay rates, nitrogen fluxes and decomposer communities of single and mixed species foliar litter. *Ecology* 71:1976-1985. Consultado 28abr.2007. Disponible en http://www.scielo.cl/scielo.phd?pid=so717-92002006000200006&scrip=sci_arttext.
- Blanco, N.M.; Hagggar. J.; Moraga, Q.P.; Madriz, S.J.C.; Pavon, S.G. A. 2002.** Crecimiento y desarrollo del café (*Coffea arabica L*) en diferentes ambientes. Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua. 15 p.
- _____ ; **Hagggar, J.; Moraga, Q. P.; Madriz, J.C; Pavón, G. 2003.** Introducción Morfología del café (*Coffea arabica L.*), en lotes comerciales. *Nicaragua Agronomía Mesoamericana* 14(1): 97 – 103. Consultado 28 abr. 2007. Disponible en http://www.faosict.un.hn/documentos_interes/18_morfologia_cafe.pdf.
- Cussianovich, P; Altamirano, M. 2005.** Estrategia nacional para el fomento de la producción orgánica en Nicaragua: “Una propuesta participativa de los actores del movimiento orgánico nicaragüense”. Edit La Prensa. Managua, Nic, 160 p.
- Domínguez, V. A. 1997.** Tratado de fertilización. 3^{ra} Ed. Mundi Prensa, Madrid, España. P. 44 – 45; 134 – 142.
- FAO. 1986.** Guía de fertilizantes y nutrición vegetal. Roma – Italia. P 37 – 174.
- Fassbender, H.W. 1993.** Modelos Edafológicos de Sistema Agroforestales 2^{da}. edic. CATIE. Turrialba, Costa Rica. Serie de materiales de enseñanzas. 491p.
- _____ ; **Bornemisza, E. 1987.** Química de suelos con énfasis en suelos de América latina. IICA, San José, Costa Rica. Colección de libros y materiales educativos N° 81. 420 p.
- _____. **1986.** Química de suelos: con énfasis en suelo de Latino América. 1^{ra} ed. San José, Costa Rica. 398p.
- _____. **1984.** Bases edafológicas de los sistemas de producción agroforestales. CATIE, Turrialba, Costa Rica serie de materiales de enseñanza N° 21. P 109 – 125.
- FHIA (Fundación Hondureña de Investigación Agrícola). 2004.** Producción de café con sombra de maderables. Guía practicas (en línea) FHIA. San Pedro Sula, Cortes,

Honduras, CAP 3. Consultado 18 abr. 2007. Disponible en http://www.catie.ac.cr/econegociosagricolas/BancosMedios/documentos%20PDF/RDE_TEC_TEC_FHIA_cafe_sombra.pdf

Fibl. 2000. Organic farming enhances soil fertility and biodiversity: results from a 21-year olds field trial. Dssier 1. Fibl. Suiza.15 p.

Fischerworrning, B; Robkamp, R. 2001. Guía para la caficultura ecológica. Deutsche Gesellschaft feir Technische Zusammenarbeit (GTZ) GMBH, Alemania.149 p

Fuentes, Y. J.1994. El suelo y bs fertilizantes. 4ªedic. Ediciones Mundi Prensa, Madrid – España. P 121-147.

García, C.L. 1993. Evaluación de tres métodos para medir disponibilidad de Nitrógeno, Fósforo, Potasio en suelos. Tesis. M. Sc. Colegio de postgrados. Montecillo, México. Pag 6 – 16.

Guerrero, G. A. 2000. El suelo, los abonos y la fertilización de los cultivos. Primera reimpresión de la 1ª edición. Ediciones Mundi – prensa. Madrid, España. P 15 – 21.

Gutiérrez, C. M. 2002. Disponibilidad y dinámica del nitrógeno en el suelo bajo especies maderables y leguminosas usadas como sombra en sistemas de café, en la sub-cuenca del río grande el general. MSc. CATIE, Turrialba, San José, CR. 68 p.

Guharay, F; Monterroso, D; Staver, C. 2001. El diseño y manejo de la sombra para la supresión de plagas de cafetales de América Central. Agroforesteria en las América 8(29):22-29. Consultado 28 abr.2007. Disponible en <http://www.orton.catie.ac.cr/repdoc/A0831E/A0831E.PDF>

Haggar, J; Staver, C. 2001. Sostenibilidad y sinergismo en sistemas agroforestales con café: estudio de interacciones entre plagas, fertilidad del suelo y árboles de sombra. Agroforesteria en las Americas. 8(29): 49 - 51.

Heuvel dop, J; Alpizar, L; Fassbender, H. W; Enríquez, G; Folster, H. 1985. Sistemas agroforestales de café (*Coffea arabica*) con laurel (*Cordia alliodora*) y café con poró (*Eritrina poeppigiana*) en Turrialba, Costa Rica. II. Producción agrícola, maderables y de residuos vegetales. Turrialba 5(4):347 – 355. Consultado 28 abr.2007. Disponible en <http://www.orton.catie.ac.cr/repdoc/A0831E/A0831E.PDF>

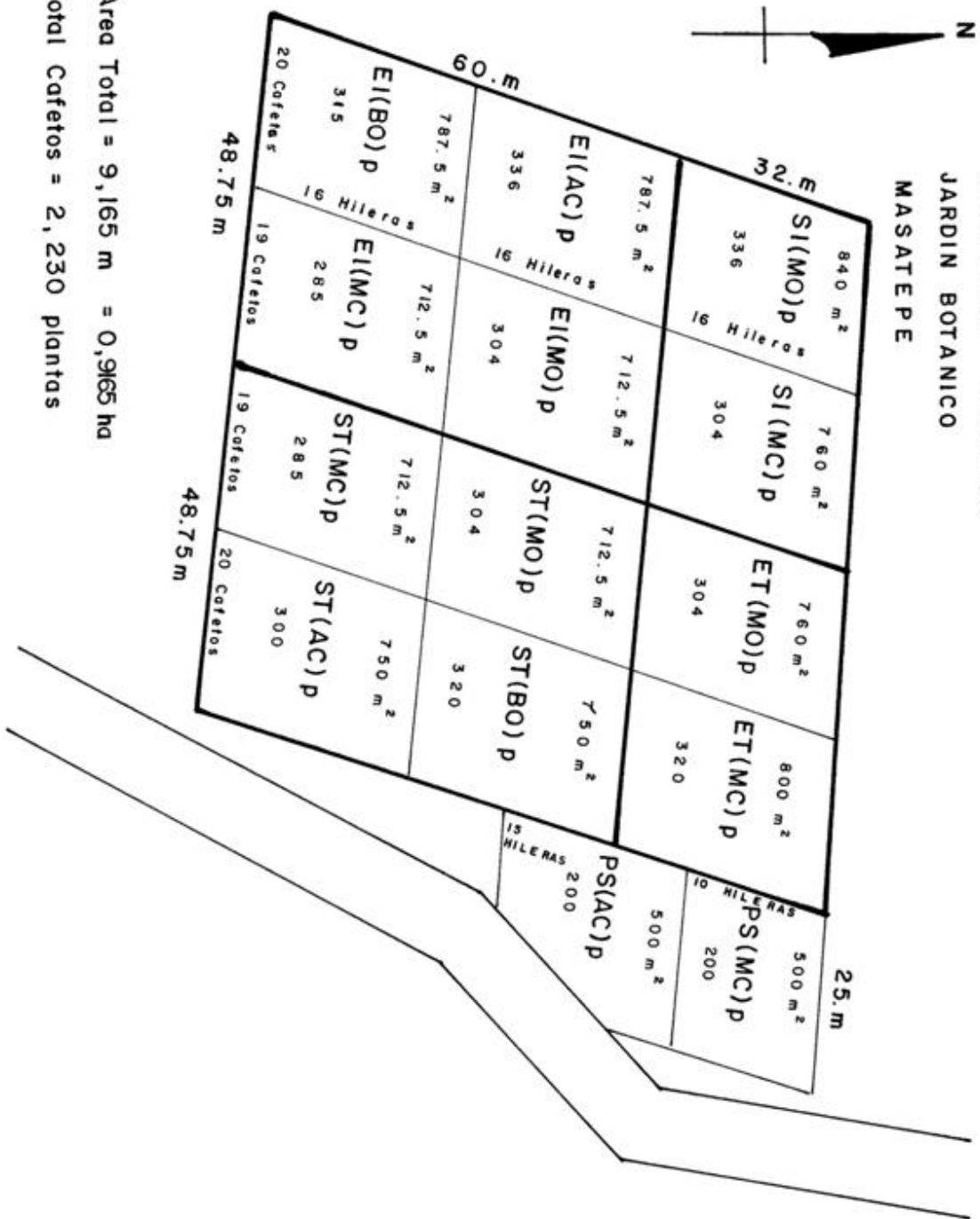
- Houba, V. J; Van der Lee, J. J; Novozamsky, I; Walinga. 1989.** Soil and plant Analysis a Serie of Syllabus. Par 5: Soil Analysis procedures. Department of Soil of Soil and nutrition Wageningen Agricultural University.
- IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura). 2003.** Estudio de la cadena de la comercialización de café. Edit. LA PRENSA S.A. Managua, Nicaragua, 169 p.
- _____. **1999.** Desafíos de la caficultura de Centroamérica. Editorial agronómico. San José, Costa Rica. P 29 - 261.
- ICAFFE. 2001.** Boletín Informativo (en línea) ICAFFE. N°. 2. Coto Brus. Consultado 3 abr. 2007. Disponible en <http://www.icafe.go.cr/icafe/Boletines/CotoBrus2.pdf>.
- Kass, D. 1998.** Fertilidad de suelos. Ed. J Núñez Solís. Primera reimpresión de la primera edición. San José CR, EUNET (Asociación de editoriales universitarias de América latina y del caribe). 68 p
- Labrador, M. J. 1996.** LA Materia Orgánica en los suelos. España, Imprime: V, A. Impresores, S.A. 174 p.
- Li, Z. A.; Peng, S. L; Rae, D.J; Zhou, G.Y. 2001.** Litter decomposition and nitrogen mineralization of soils in tropical plantation forest of southern china, with special attention to comparisons between legumes and non legumes. Plant and soil. 229: 105 – 116.
- MAGFOR (Ministerio Agropecuario y Forestal). 2004.** Estrategia para la Reconversión y la Diversificación Competitiva de la Caficultura en Nicaragua. 1^{ra} ed. 60 p.
- Montagnini, F; Jordan, C, F; Matta, R. 1999.** Reciclaje y Eficiencia en el uso de Nutrientes en sistemas Agroforestales. P 21 - 40.
- Mogollón, J.P.; Miragaya, G.J.; Sánchez, L.F.; Cachón, N.Y.; Araujo, J. 1997.** Nitrógeno potencialmente disponible en suelos de cafetales bajo diferentes árboles de sombra. Agronomía. Tropical. 47 (1): 87 – 102. Consultado el 5 jun. 2007. Disponible en http://www.ceniap.gov.ve/pbd/RevistasCientificas/Agronomia%20Tropical/at4701/arti/mogollon_j.htm

- Morraz, G, S; Herrera, M, N. 2006.** Estudio de fertilidad y la dinámica del carbono en el suelo bajo diferentes manejos agronómicos en un cafetal de cuatro años de plantado en el pacífico de Nicaragua. Tesis. Ing. UNA, Managua, Nicaragua. 79 p.
- Munevar, F. 1983.** Principales procesos microbiológicos en el suelo y su función en la productividad agropecuaria. Suelos Ecuatoriales. 13 (2): 1 – 17.
- Nair, P. K. R. 1997.** Agroforestería, Centro de agroforestería para el desarrollo sostenible, Universidad Autónoma Chapingo, México. 1ed en español, Chapingo
- Quintero, J.S; Ataron, M. 1998.** Contenido y flujo de nitrógeno en la biomasa y hojarasca de un cafetal a plena exposición solar en los Andes venezolanos (en línea) Rev. Fac. Agron. (LUZ), 15: 501 – 514. Consultado 28 mar. 2007 Disponible en http://www.revfacronluz.org.ve/v15_6/v156z0001.html.
- Ramírez, L. J. 1993.** Manejo de sombra para cafetales sostenibles. P 52 – 53. In: Pohlan, J; soto, L; Barrera, J. 2006. El cafetal del futuro. Realidades y visiones ECOSUR, El colegio de la frontera sur, Chiapas, México.
- Reganold, J.P.1988.** Comparison of soil properties as influenced by organic conventional farming systems. America Journal of Alternative agriculture. 3(4): 144-155.
- Rivero, T. C. 1999.** Materia orgánica del suelo. Universidad central de Venezuela. Facultad de agronomía. Revista alcance N° 57 Maracay – Venezuela. 210 p.
- Rocha, J.L. 2001.** Crónica del café: Historia, responsables, interrogantes (en línea) Revista envío N°. 233. UCA (Universidad Centroamericana). Managua, Nicaragua. Consultado 18 ene.2007 Disponible en <http://www.envio.org.ni/articulo/1096>.
- Robertson, G. P.; Herrera, R.; Rosswall, T. 1982.** Nitrogen Cycling in Ecosystems of Latin America and the Caribbean. 430 p.
- Rusell, W. 1976.** Soil condition and plant Growth. 10. edic. Hong Kong.849 p.
- Salinas, E.S. 2000.** Monitoreo del proceso de mineralización de cuatro especies leguminosas arbóreas: *Phiticeleobium saman* (Jacq), *Enterolobiun ciclocarpum* (Jacq), *Gliricidia sepium* (Jacq), *Plastimisiun pennatun* (Jacq), para ser utilizado como abono verde en el municipio de San Dionisio, Matagalpa. Tesis Ing. Agr. UNA Managua, Nicaragua. 46 p.

- Sánchez, P. A; Salinas, J. G.1982.** Suelos ácidos. Estrategia para su manejo con bajos insumos en América Tropical. Sociedad Colombiana de ciencia de suelo. Ed. Bogota, Colombia. 93 p.
- Solórzano, P. R. 1997.** Fertilidad de suelo, su manejo agrícola. Universidad Central de Venezuela. Facultad de agronomía. Revista Alcance N° 51. 206 p.
- SAS (SAS Institute Inc, US). 1999.** Statistic Analysis Systems Inc. version 8. Cary, NC, USA.
- Swift, M. J, OW Heal, JM, Anderson. 1979.** Decomposition in terrestrial ecosystems. In studies in Ecology N° 5, university of California Press. Berkeley, U.S.A. Consultado 28 abr. 2007. Disponible en <http://www.orton.catie.ac.cr/repdoc/A0831E/A0831E.PDF>.
- Tisdale, S. L; Nelson, W.L. 1988.** Fertilidad de los suelos y fertilizantes. Editorial Hispano Americana, S. A. de C. V. México, D. F. P 139 – 170.
- _____. 2006. Bolsa de noticia (en línea). Ed.N°. 3720. consultado 18 oct 2006 disponible en <http://www.grupoese.com.ni/2006/10/eco.htm>
- _____. 2003. Pequeña producción del grano de oro beneficiada. El caficultor 2 (24): 17.
- UNICAFE. 1996.** Manual de caficultura de Nicaragua, Managua, nicaragua. 242p.
- Vasst, P. 2001.** Resumen en el posters en el área de Agroforesteria Tropical (CATIE), ventajas y desventajas de los árboles de sombra en sistemas de café.
- Wild, A. 1992.** Condiciones del suelo y desarrollo de las plantas según Russell. Urbano, T. P; Rojo. H. C (traductores). Mundi – Prensa. Madrid, España. P 641-681, 687-726.

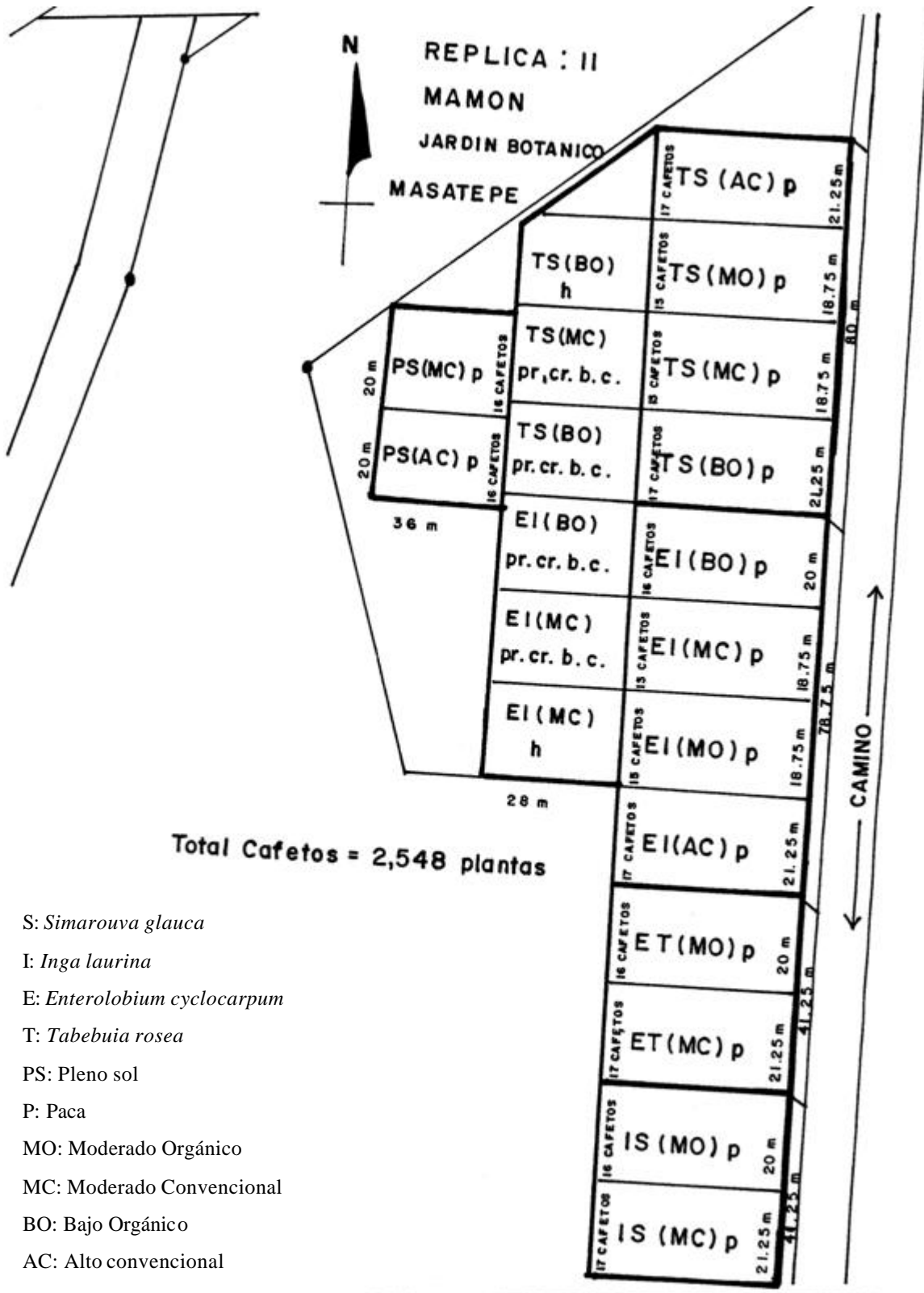
ANEXO

REPLICA : I NISPERO
 JARDIN BOTANICO
 MASATEPE



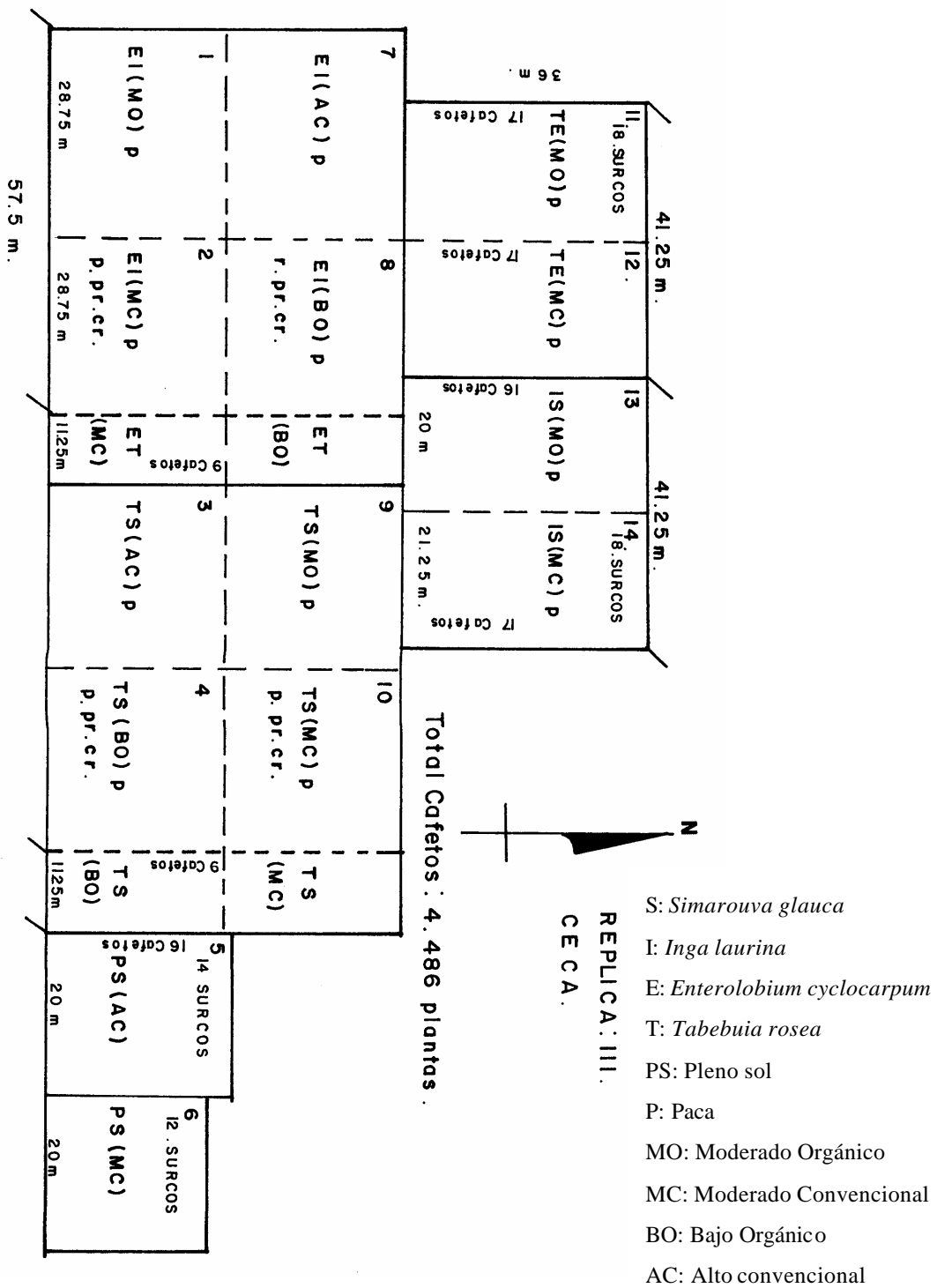
Area Total = 9,165 m = 0,9165 ha
 Total Cafetos = 2,230 plantas

ANEXO 1. – Esquema gráfico de replica I (NISPERO) Jardín Botánico.



- S: *Simarouva glauca*
- I: *Inga laurina*
- E: *Enterolobium cyclocarpum*
- T: *Tabebuia rosea*
- PS: Pleno sol
- P: Paca
- MO: Moderado Orgánico
- MC: Moderado Convencional
- BO: Bajo Orgánico
- AC: Alto convencional

Anexo 2.- Esquema gráfico de replica II (MAMON) Jardín Botánico



Anexo 3 - Esquema grafico de la replica III establecida en Campos Azules (CECA)

Anexo 4- Descripción del área experimental del ensayo de sistemas.

Trata	Especies de sombra	Niveles de insumo	Área de parcelas en m ²					
			I. Níspero		II. Mamón		III. CECA	
			Exp	Útil	Exp	Útil	Exp	Útil
1	TRSG	AC	750	300	850	270	690	225
2		MO	712.5	300	750	270	690	225
3		MC	712.5	300	750	225	870	225
4		BO	750	300	850	225	870	225
Área de la parcela grande(sub total)			2,925	1,200	3,200	990	3,120	900
5	SSIL	BO	787.5	300	800	225	870	225
6		MC	712.5	300	750	225	870	225
7		MO	712.5	300	750	270	690	225
8		AC	787.5	300	850	270	690	225
Área de la parcela grande(sub total)			3,000	1,200	3,150	990	3,120	900
9	SSTR	MO	760	300	800	270	765	247.5
10		MC	800	300	850	270	765	247.5
Área de la parcela grande(sub total)			1,560	600	1,650	540	1,530	495
11	ILSG	MO	840	300	800	270	680	247.5
12		MC	760	300	850	270	680	247.5
Área de la parcela grande(sub total)			1,600	600	1,650	540	1,360	495
13	Psol	MC	500	300	720	225	520	227.5
14		AC	500	300	720	225	520	225.5
Área de la parcela grande(sub total)			1,000	600	1,440	450	1,040	453
Áreas totales			10,085	4,200	11,090	3,510	10,170	3,243
Área total del experimento			31,345					

Exp: Experimental; Trata: Tratamientos; SS = S. saman; IL = I. laurina; TR = T. rosea; Psol = Pleno sol; SG = S. glauca; AC = Alto convencional; BO = Bajo orgánico; MC = Moderado convencional; MO = Moderado convencional.

Anexo 5. Aspectos técnicos del Manejo de hierbas en el ensayo de sistemas agroforestales con café (2005)

Nivel de insumo	2001	2002	2003	2004	2005	Criterios utilizados a partir de muestreo de campo (punta de zapato)
ORGANICO INTENSIVO (MO)	Manejo de maleza en época seca y lluviosa Dos chapias sin criterio en verano para los 4 niveles de insumo					Se realiza chapia cuando el 50 % de las malezas alcancen una altura entre 10 a 15 cm.
	Machete en carril amplio y manejo de floración	Manejo selectivo de malezas solo con machete.				
ORGANICO EXTENSIVO (BO)	Manejo de hierbas en época seca y lluviosa					Se realiza chapia cuando el 50 % de las malezas alcancen una altura entre 20 a 30 cm.
	Machete en carril amplio y manejo de floración	Manejo selectivo de malezas con machete. Carrileo al momento de hacer la calle.				
CONVENCIONAL INTENSIVO (AC)	Manejo de maleza en época seca y lluviosa					Se realiza chapia cuando el 25 % de las malezas alcancen una altura entre 10 a 15 cm. 15 días después de la chapia se aplica herbicida
	Control total de malezas con chapias y 2 aplicaciones de Round up (Glifosato) + Ally.	Control total de malezas con chapea y 2 aplicaciones Round up (Glifosato) + Flex. Carrileo al momento de hacer la calle.				
CONVENCIONAL EXTENSIVO (MC)	Manejo de maleza en época seca y lluviosa					Se realiza chapia cuando el 50 % de las malezas alcancen una altura entre 10 y 15 cm. 15 días después de la chapia se aplica herbicida
	Control selectivo de malezas y aplicación de Round up (Glifosate) o flex	Manejo selectivo de malezas con machete y aplicación de Round up. Carrileo a 100 cm de ancho.				

Anexo 6. Aspectos técnicos en el manejo de las enfermedades presentes en el ensayo de sistemas agroforestales con café (2005)

Nivel de insumo	2001	2002	2003	2004	2005
ORGANICO INTENSIVO (MO)	2 a3 aplicaciones de caldo sulfocálcico con criterio de aplicación de 10% e incidencia de m h		3 aplicaciones máximas de caldo sulfocálcico Se incluye una aplicación preventiva en junio. Marchitez lenta: Poda de saneamiento y aplicación de Cal (Junio-Julio).		
ORGANICO EXTENSIVO (BO)	Ningún tipo de manejo		Marchitez lenta: Poda de saneamiento y aplicación de Cal (Junio-Julio).		
CONVENCIONAL INTENSIVO (AC)	3 aplicaciones de Anvil 1. l/200 l de agua. (Mayo-Junio; Julio-Agosto; Setp-Oct) con criterio de aplicación 5% de incidencia de mh		1 aplicación de mancozeb (mayo) 3 aplicaciones de Anvil (Agosto-Sept; Oct-Nov)	1 aplicación de Oxiclورو de Cobre (mayo - junio) 2 aplicaciones de Anvil (Agosto-Sept; Oct-Nov).	
			Marchitez lenta: Poda de saneamiento y aplicación de Carbendazin (Junio-Julio).en la base de la planta.		
CONVENCIONAL EXTENSIVO (MC)	2 aplicaciones de anvil 1.l/200 litros de agua		1 aplicación de Mancozeb (mayo) 2 aplicaciones de Anvil.	1 aplicación de Oxiclورو de Cobre como preventivo.	
			Marchitez lenta: Poda de saneamiento y aplicación de Carbendazin (Junio-Julio).		

Anexo 7.- Manejo de la Fertilización en el ensayo de sistemas agroforestales con café

Nivel de insumo	2001	2002	2003	2004	2005
ORGANICO INTENSIVO (MO)	Verano: 5 lb. de pulpa de café por planta(pulpa semidescompuesta) Canícula: 6 lb. de Gallinaza por planta. Una aplicación mensual de Biofermentado (2. l desoluto por cada de 18 litros de agua.)				
ORGANICO EXTENSIVO (BO)	Verano: 5 lb de pulpa de café por planta.				
CONVENCIONAL INTENSIVO (AC)	Junio: 50 g por planta de 18-6-12-4-0.2. Inicio de septie mbre: 70 g por planta de 12-30-10			Junio: 33 g por planta de 27-9-18 Septiembre: 70 g por planta de 12-30-10	
	Mediados Oct.: 40 g de Urea. 10 g de Muriato de Potasio. Aplicaciones foliares: 4 onz de urea + 25 g de Zinc + 30 g de Boro por bombada de 20 l. (Marzo-Abril; Mayo-Junio; Julio-Agosto; Sept.-Oct.)				
CONVENCIONAL EXTENSIVO (MC)	Junio: 25 g por planta de 18-6-12-4-0.2. Septiembre: 35 g por planta de 12-30-10			Junio: 17 g por planta de 27-9-18 Septiembre: 35 g por planta de 12-30-10	
	Mediados Oct.: 20 g de Urea. 5 g de Muriato de Potasio. Aplicaciones foliares: 4 onz de urea + 25 g de Zinc + 30 g de Boro por bombada de 20 l. (Marzo-Abril; Sept.-Oct.)				

Anexo 8. Aspectos técnicos del manejo de insectos plagas (minador y broca) que afectan al cultivo de café en el ensayo de sistemas agroforestales.

Nivel de insumo	2001	2002	2003	2004	2005
ORGANICO INTENSIVO (MO)	2 aplicaciones si fuera posible contra minador 40% de incidencia.			Aplicación de torta nim al hoyo en resiembra	Aplicación 10g /hoyo
	Graniteo + pepena				
	Gallina ciega: Torta de neem.				
ORGANICO EXTENSIVO (BO)	Aplicación de torta de nim en el hoyo en la resiembra 10g/hoyo en resiembra			.	Observaciones la torta de nim diluida fue aplicada en el inicio del ensayo contra gallina ciega
	Graniteo + pepena				
CONVENCIONAL INTENSIVO (AC)	Marzo, Abril, Mayo Minador: Aplicación de Lorsban 0.75 a 1.5 l/200 l de agua. Si fuera posible.		Se aplica según la incidencia de minador. 40% de hojas minadas		
	Julio, Septiembre Broca: Aplicaciones de Endosulfan 750 cc/200 l de agua.				
	Gallina ciega: Aplicación de Lorban			Gallina ciega 5 g de Terbufos por hoyo	Lorsban diluido se aplico en el inicio del ensayo.contra gallina ciega
CONVENCIONAL EXTENSIVO (MC)	Marzo, Abril Minador: Aplicación de Lorsban 0.75 a 1.5 l/200 l de agua.		Se aplica según la incidencia de minador.40% de hojas minadas		
	Julio Broca: Aplicación de Endosulfan según floraciones.				
			Gallina ciega: Aplicación de Lorban	Gallina ciega5 g de Terbufos por hoyo	Lorsban se aplico en el inicio del ensayo contra gallina ciega Diluido.

Anexo. 9. Resultados promedios de biomasa y Nitrógeno de sombra temporal, biomasa de sombra permanente y mantillo y tasas de mineralización correlacionadas.

Tipsom	Insumo	N en biomasa sombra temporal (kg há ⁻¹)			Biomasa sombra temporal (kg há ⁻¹)			N mineral en NH ₄ ⁺ en (mg kg) 2006	Biomasa de mantillo (kg há ⁻¹)	Biomasa em kg há ⁻¹	
		2002	2003	Total	2002	2003	Total			Poda 2004	Raleo 2005
ILSG	MC	20.45	30.86	51.31	1251.64	2002.56	3254.2	21.62	11,489.50	1575.1	2855.65
ILSG	MO	24.55	29.65	54.2	1515.06	1874.9	3389.96	27	8,526.41	2910.74	2648.73
PS	AC	0	0	0	0	0	0	13.58	3,789.45	0	0
PS	MC	0	0	0	0	0	0	18.98	4,046.08	0	0
SGTR	AC	34.97	28.24	63.31	1807.44	1518.71	3326.15	14.43	5,463.00	401.46	3501.18
SGTR	BO	43.23	50.99	94.22	2236.73	2750.87	4987.6	22.17	6,855.70	456.93	4701.47
SGTR	MC	39.65	55.68	95.33	2087.97	3016.44	5104.41	17.51	6,050.01	589.02	4672.75
SGTR	MO	32	42.97	74.97	1673.16	2333.01	4006.17	30.65	6,930.39	349.89	3427.43
SSIL	AC	11.36	17.16	28.52	861.02	1341.32	2202.34	21.32	7,197.21	1673.89	1170.54
SSIL	BO	13.03	30.3	43.33	977.94	2365.66	3343.6	22.39	6,838.81	2061.78	1282.18
SSIL	MC	12.51	40.11	52.62	941.86	3132.27	4074.13	17.6	5,121.29	0	1208.65
SSIL	MO	9.26	19.98	29.24	698.2	1563.28	2261.48	26	12,142.71	0	1182.63
SSTR	MC	16.34	19.51	35.85	989.21	1235.83	2225.04	19.32	3,296.04	0	0
SSTR	MO	19.88	19.6	39.48	1237.13	1264.92	2502.05	24.61	5,441.57	0	0

Tipsom = Tipo de sombra; SS = S. saman; IL = I. laurina; TR = T. rosea; Psol = Pleno sol; SG = S. glauca; AC = Alto convencional; BO = Bajo orgánico; MC = Moderado convencional; MO = Moderado convencional.