

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
Facultad de Recursos Naturales y del Ambiente

(Trabajo de Título)

Evaluación del efecto residual de cuatro tipos de rastrojos bajo tres niveles de nitrógeno aplicados al cultivo de maíz (*Zea mays, L.*) Centro Nacional de Investigación Agropecuarias (CNIA), 1998.

Autores: Br. Wilber Antonio Cuadra Jirón
Br. Milton Javier Ráudez Sánchez

Asesor : Ing. Jairo José Morales Mendoza

Managua, Nicaragua
2001

CONTENIDO

	Pág
INDICE DE TABLAS	i
INDICE DE FIGURAS	ii
INDICE DE ANEXOS	iii
DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTOS	v
RESUMEN	vi
SUMMARY	vi
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1. OBJETIVOS	2
Objetivo General	2
Objetivos Específicos	2
1.2. HIPÓTESIS	3
II. REVISIÓN DE LITERATURA	4
2.1. El cultivo de maíz (<i>Zea mays</i> , L.)	4
2.1.1. Importancia socioeconómica del Cultivo del maíz	4
2.1.2. El Programa Regional del Maíz (PRM)	5
2.1.3. Factores que limitan el rendimiento del cultivo del maíz	6
2.2. El Nitrógeno	6
2.2.1. Ciclo del nitrógeno	7
2.2.2. Fijación del nitrógeno	9
2.2.2.1. Fijación biológica	9
2.2.2.2. Fijación industrial	9
2.2.3. Transformaciones del nitrógeno en el suelo	10
2.2.4. Importancia del nitrógeno en el cultivo del maíz	11

2.3.	Nutrición comercial del cultivo del maíz	13
2.4.	Materia orgánica del suelo	15
2.5.	Prácticas de Conservación de Suelos y Aguas	16
2.6.	El papel de los residuos en la conservación de Suelos y Agua	17
2.7.	Labranza conservacionista mínima	18
2.8.	Las leguminosas y su importancia	20
2.8.1.	El género Canavalia	20
III.	MATERIALES Y MÉTODOS	21
3.1.	Ubicación geográfica del experimento	21
3.2.	Descripción del área experimental	22
3.3.	Descripción del diseño experimental	23
3.4.	Descripción de los tratamientos	24
3.5.	Variables evaluadas y análisis de los resultados del experimento	26
3.6.	Manejo Experimental del ensayo	26
IV.	RESULTADOS Y DISCUSION	27
4.1.	Rendimientos promedios obtenidos durante el experimento residuos de rastrojos y niveles de nitrógeno, realizado en el CNIA del año 1998.	27
4.2.	Análisis de Varianza (ANDEVA) para la variables evaluadas en el experimento realizado en CNIA 1998	29
4.3.	Pruebas de Duncan para los factores estudiados en el experimento	37
4.4.	Pruebas de Duncan para los tratamientos factoriales	39
V.	CONCLUSIONES	42
V.	RECOMENDACIONES	43
VI.	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	44
VII.	ANEXOS	47

INDICE DE TABLAS

Tablas	Pag
1. Análisis físico-químico y textural de suelo en la parcela experimental para el experimento residuos de rastrojos y niveles de nitrógeno en el CNIA 1998	22
2. Factores de estudio del experimento residuos de rastrojos y niveles de nitrógeno en el CNIA 1998	24
3. Total de tratamientos e interacciones utilizados en el experimento rastrojo y nitrógeno en el CNIA 1998	25
4. Rendimientos promedios obtenidos en el experimento residuos de rastrojos y niveles de nitrógeno aplicados al maíz; en el CNIA 1998	27
5. ANDEVA de variable mazorca podrida en el experimento residuos de rastrojos y niveles de nitrógeno aplicados al maíz en el CNIA 1998	29
6. ANDEVA de variable peso de mazorca en el experimento residuos de rastrojos y niveles de nitrógeno aplicados al maíz en el CNIA 1998	30
7. ANDEVA de variable rendimiento de grano en el experimento residuos de rastrojos y niveles de nitrógeno aplicados al maíz en el CNIA 1998	31
8. ANDEVA de variable mazorcas por planta en el experimento residuos de rastrojos y niveles de nitrógeno aplicados al maíz en el CNIA 1998	32
9. ANDEVA de variable porcentaje de plantas acamadas en el experimento residuos de rastrojos y niveles de nitrógeno aplicados al maíz en el CNIA 1998	33
10. ANDEVA de variable plantas por metro cuadrado en el experimento residuos de rastrojos y niveles de nitrógeno aplicados al maíz en el CNIA 1998	33
11. ANDEVA de variable mazorcas por metro cuadrado en el experimento residuos de rastrojos y niveles de nitrógeno aplicados al maíz en el CNIA 1998	34

12. Resumen de ANDEVA cuadrados medios y coeficiente de variación de Variables evaluadas en el experimento residuos de rastrojos y niveles de nitrógeno en el CNIA 1998	35
13. Prueba de DUNCAN para el factor (A) evaluado en la variable mazorcas por planta en el experimento residuos de rastrojos y niveles de nitrógeno CNIA (1998)	37
14. Prueba de DUNCAN para el factor (B) evaluado en la variable porcentaje de mazorcas podridas en el experimento residuos de rastrojos y niveles de nitrógeno CNIA (1998)	37
15. Prueba de DUNCAN para el factor (B) evaluado en la variable peso de mazorca experimento residuos de rastrojos y niveles de nitrógeno CNIA (1998)	38
16. Prueba de DUNCAN para el factor (B) evaluado en la variable rendimiento de grano en el experimento residuos de rastrojos y niveles de nitrógeno CNIA (1998)	39

INDICE DE FIGURAS

Figuras	Pag
Figura 1. Mapa de ubicación geográfica del experimento residuos de rastrojos y niveles de nitrógeno en el Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias (CNIA), 1998.	21
Figura 2. Distribución de lluvias durante el experimento residuos de rastrojos y niveles de nitrógeno en el Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias (CNIA) 1998	23
Figura 3. Distribución de los factores y azarización en las unidades experimentales experimento residuos de rastrojos y niveles de nitrógeno CNIA (1998)	24
Figura 4. Distribución de los tratamientos y su azarización en las unidades experimental experimento residuos de rastrojos y niveles de nitrógeno CNIA (1998)	25
Figura 5. Rendimientos promedios obtenidos en el experimento tipos de residuos de residuos de rastrojos y niveles de nitrógeno CNIA (1998)	28
Figura 6. Resumen de los cuadrados medios y coeficientes de varianza en el experimento de residuos de residuos de rastrojos y niveles de nitrógeno CNIA (1998)	36

INDICE DE ANEXOS

Anexos	Pag
Tabla 21. Rendimientos promedios obtenidos durante los tres años del experimento residuos de rastrojos y niveles de nitrógeno CNIA (1998)	48
Tabla 22. Prueba de DUNCAN para el factor (A) evaluado en la variable plantas por metro cuadrado en el experimento residuos de rastrojos y niveles de nitrógeno CNIA (1998)	49
Tabla 23. Prueba de DUNCAN para el factor (A) evaluado en la variable mazorcas por metro cuadrado experimento residuos de rastrojos y niveles de nitrógeno CNIA (1998)	49
Tabla 24. Prueba de DUNCAN para el factor (A) evaluado en la variable peso de mazorcas en el experimento residuos de rastrojos y niveles de nitrógeno CNIA (1998)	49
Tabla 25. Prueba de DUNCAN para el factor (A) evaluado en la variable porcentaje de mazorcas podridas experimento residuos de rastrojos y niveles de nitrógeno CNIA (1998)	49
Tabla 26. Prueba de DUNCAN para el factor (A) evaluado en la variable rendimiento experimento residuos de rastrojos y niveles de nitrógeno CNIA (1998)	50
Tabla 27. Prueba de DUNCAN para el factor (B) evaluado en la variable plantas por metro cuadrado experimento residuos de rastrojos y niveles de nitrógeno CNIA (1998)	50
Tabla 28. Prueba de DUNCAN para el factor (B) evaluado en la variable porcentaje de plantas acamadas en el experimento residuos de rastrojos y niveles de nitrógeno CNIA (1998)	50
Tabla 29. Prueba de DUNCAN para el factor (B) evaluado en la variable mazorcas por metro cuadrado experimento residuos de rastrojos y niveles de nitrógeno CNIA (1998)	50
Tabla 30. Prueba de DUNCAN para el factor (B) evaluado en la variable mazorcas por plantas experimento residuos de rastrojos y niveles de nitrógeno CNIA (1998)	51

Tabla 16. Prueba de DUNCAN de los tratamientos factoriales para la variable peso de mazorca en el experimento residuos de rastrojos y niveles de nitrógeno CNIA (1998)	52
Tabla 17. Prueba de DUNCAN de los tratamientos factoriales para la variable rendimiento de grano en el experimento residuos de rastrojos y niveles de nitrógeno CNIA (1998)	53
Tabla 18. Prueba de DUNCAN de los tratamientos factoriales para la variable porcentaje de mazorcas podridas en el experimento residuos de rastrojos y niveles de nitrógeno CNIA (1998)	54
Tabla 19. Prueba de DUNCAN de los tratamientos factoriales para la variable mazorcas por planta experimento residuos de rastrojos y niveles de nitrógeno CNIA (1998)	55

DEDICATORIA

A **DIOS** primeramente por la fortaleza y valentía que me ha dado, para superar los obstáculos que se presentaron en mis años de estudio y por haberme concedido el aliento de vida.

A mi madre **Otilia Sánchez** por su amor incondicional. Por el sacrificio y esfuerzo que realizó para llevarme a la cúspide del éxito en mi vida profesional; y por hacerme útil a la sociedad.

A mi hermana **Luisa Emilia Valerio** y a su marido **Mario Aburto** por los consejos y ayuda que me brindaron; forjando en mí, la responsabilidad y seriedad en mis actuaciones.

**“ Los libros nos enseñan a pensar y
el pensamiento nos hace libres”**

Ricardo Corazón de León

Ing. Milton Javier Ráudez Sánchez
Managua, Nicaragua.

DEDICATORIA

A **DIOS** omnipotente por que me da fortaleza, sabiduría y perseverancia en el logro de ésta y futuras metas. Infinitas gracias **SEÑOR**, por ser luz y guía en mi camino.

A mis padres: **Harvin y Miriam**, por todo el amor, abnegación, y apoyo moral que me han brindado en el transcurso de mi vida. Por sus sabios consejos, que me han permitido ser un hombre de bien y por su incondicional apoyo económico, que con mucho sacrificio permiti6 culminar mi carrera profesional.

A mi querida Abuela: **Hilda**, envidiable e incomparable anciana que junto a mi madre me encomendaron en sus oraciones, al creador.

A mis adorados hermanos: **Miguel, Marisol, Raúl, Yessenia, Walter y Williams** por ser ejemplos de comprensión y cari6o.

A mis tías: **Bertha y Marlene Jir6n Vargas**; por su humildad, honestidad y dedicaci6n al trabajo.

“Hay hombres que luchan un día, y son buenos

Hay hombres que luchan un a6o, y son mejores y

Hay hombres que luchan toda la vida, esos son los imprescindibles”

Berthol Brecht

Ing. Wilber Antonio Cuadra Jir6n.
Le6n, Nicaragua.

AGRADECIMIENTOS

Al **Ing. Agustín Castillo**, por la oportunidad de permitirnos realizar esta investigación en las instalaciones del Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias (CNIA).

A nuestro asesor el **Ing. Jairo José Morales Mendoza**, por su valiosa asesoría, dedicación, tiempo y calidad profesional demostrada en este trabajo.

A la **Lic. Ivette Sánchez**, por sus valiosos aportes metodológicos.

A la **Lic. Teresa Morales Castillo**, responsable del CEDOC de la Facultad de Recursos Naturales y del Ambiente (FARENA), y **Sra. Kathy Sanchez Fonseca**, del Centro Nacional de Información de Desarrollo Agropecuario (CENIDA), por habernos brindado el apoyo con los materiales bibliográficos de la Universidad Nacional Agraria (UNA).

A la **Lic. Nubia Manzanares** del Centro de Documentación (CEDOC) del Programa de Agricultura Sostenible de Laderas de América Central (PASOLAC)

Al **personal Docente y Administrativos** de la Universidad Nacional Agraria (UNA), por la formación científico-técnica que nos brindaron, enriqueciendo nuestros conocimientos para ser buenos profesionales y contribuir al desarrollo agropecuario y forestal de Nicaragua.

Ing. Wilber Antonio Cuadra Jirón.
Ing. Milton Javier Ráudez Sánchez.

RESUMEN

En el Centro Nacional de Investigación Agropecuaria (CNIA) se realizó el experimento Evaluación del efecto residual de cuatro tipos de rastrojos y tres niveles de nitrógeno aplicados al cultivo de maíz en la época postrera en 1998, con el propósito de valorar el efecto residual de los rastrojos y determinar respuesta a la fertilización nitrogenada e interacción rastrojo-nitrógeno, haciendo uso de labranza mínima en el rendimiento de maíz.

El diseño experimental utilizado fue Bloque Completo al Azar (BCA), en arreglo de parcelas divididas con tres repeticiones. La parcela principal correspondió a los tipos de rastrojos y la subparcela a los niveles de nitrógeno. Los factores evaluados fueron: cuatro tipos de rastrojo (rastrojo de maíz, maíz más sorgo, canavalia y maíz, sorgo y canavalia) y tres niveles de nitrógeno (0, 75 y 150 kilogramos). Las aplicaciones de nitrógeno tuvieron respuesta significativa para las variables rendimiento de grano, peso de mazorca, porcentaje de mazorcas podridas, y para el factor rastrojo en la variable mazorcas por planta. En el caso del porcentaje de plantas acamadas tuvo significancia para el efecto de bloqueo; para las variables plantas por metro cuadrado y mazorcas por metro cuadrado, los niveles de nitrógeno así como el tipo de rastrojos no tuvieron respuesta significativa.

La utilización de rastrojos en combinación con los niveles de 75 y 150 kilogramos de nitrógeno por hectárea permitieron incrementar el rendimiento de grano hasta 7.3 qq en comparación con el testigo sin nitrógeno. Bajo estas mismas condiciones ambientales la aplicación de 75 kilogramos de nitrógeno fueron considerada mejor desde el punto de vista económico (C\$ 560.00 Córdobas netos) y ambiental (menos cantidad de fertilizante aplicado al suelo) para los rendimientos obtenidos. El promedio de rendimiento de los niveles de nitrógeno 0, 75 y 150 kilogramos de nitrógeno por hectárea, correspondieron a 1432.60, 1768.10 y 1770.00 kilogramos por hectárea, así como los rendimientos promedios por residuos de rastrojos fueron de 1782.2 kg/ha para maíz más sorgo, 1775.91 kg/ha para la canavalia, seguido por 1557.34 para maíz, sorgo y canavalia y por último el residuo de maíz con un rendimiento promedio de 1511.84 kg/ha siendo el más bajo respectivamente.

SUMMARY

In the Center of Agropecuaria Investigation (CNIA), an experiment was carried in the postera of year 1998 in order to evaluate the residual effect of four types of stubbles and three nitrogen levels in corn and establish if there is an answer to the nitrogen fertilization and interaction stubble-nitrogen.

The experimental design was complete block at random (BCA) in adjustment of parcels divided with three repetitions. The main parcel corresponded to the types of stubbles and the subparcel at the nitrogen levels. The evaluated factors were four types of stubbles (without stubbles, corn+sorghum, canavalia and corn+sorghum+canavalia) y three nitrogen levels (0,75 y 150 kilograms of nitrogen/ha). The applications of nitrogen had significant answer for the variable yield of grain, weight of mazorca, percentage of mazorcas rotted and for the factor stubble in the variable mazorcas by plants. In the case of percentage of acamada plants it had significance for the effect of blockade, for the variables rest plants by square meter, the nitrogen levels like the type of stubbles does not have a significant answer.

The use of stubble allowed increasing the grain yield until in 7.3 qq/mz in comparison with the witness. Under these same environmental conditions the application of 75 kilograms of nitrogen by hectare was satisfactory to obtain increase of 7.3 qq/mz of grain with relation to the witness without nitrogen (C\$560.00) coins Nicaraguan. The average of yield of the nitrogen levels (0,75, 150 kilograms of nitrogen by hectare) correspond to 1432.60, 1768.10, 1770.00 kilograms by hectare respectively.

I. INTRODUCCIÓN

Entre los cereales más cultivados, después del trigo y el arroz, el maíz (*Zea mays*, L.) representa uno de los alimentos de mayor consumo popular en el continente americano, de donde es originario. En Nicaragua es un cultivo de gran importancia en la dieta diaria nacional, y aunque se aumentan las áreas a sembrar, se presentan problemas de mucha importancia ya que los rendimientos no son satisfactorios. Como cultivo presenta muchas limitantes en su nivel productivo principalmente en el manejo agronómico; que inciden en el bajo rendimiento tales como erosión de suelos, uso de semilla no certificada, baja productividad de los suelos, deficiente manejo de malezas, control de plagas y enfermedades, uso irracional del agua de riego, densidades de siembra no adecuadas. A estos se suman factores sociales y económicos como precios de los insumos, restricciones crediticias entre otros.

Desde de 1992, el Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria (INTA-CNIA) en conjunto con el Programa Regional del Maíz (PRM), vienen realizando experimentos en la época de postera; utilizando labranza conservacionista, realizando investigaciones orientadas a brindar respuestas a mejorar la productividad de los suelos e incrementar el rendimiento del cultivo del maíz.

El presente trabajo se realizó con el propósito de evaluar el efecto residual de dos años (1996, 1997) de incorporación de cuatro tipos de rastrojos: rastrojo de maíz, maíz más sorgo, canavalia, y maíz ,sorgo y canavalia y tres niveles de nitrógeno (0 75 y 150 kilogramos) aplicados al cultivo de maíz, y determinar su influencia sobre el rendimiento, haciendo uso de labranza mínima y comprobar si existe respuesta a la fertilización nitrogenada y a la interacción tipo de rastrojo-niveles de nitrógeno; con ello se pretende contribuir a generar tecnologías de manejo de lo suelos que permitan disminuir la degradación física, química y biológica de los mismos con el fin de mejorar las actividades agropecuarias y forestales llevando a cabo experimentos por el Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias (CNIA) en colaboración con la Universidad Nacional Agraria, para tener en un futuro una agricultura Agroecológicamente sostenible.

1.1. OBJETIVOS

Objetivo General

Evaluar efecto residual de cuatro tipos de rastrojos incorporados en los experimentos realizados en los años 1996-1997 y tres niveles de nitrógeno aplicados al cultivo de maíz (*Zea mays, L.*), en función del rendimiento; realizado en la época de postrera (Septiembre-Diciembre) en el Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias (CNIA) Managua, Nicaragua, 1998.

Objetivos Específicos

- ◆ Evaluar el efecto que ejerce los residuos orgánicos maíz, sorgo y canavalia en interacción con niveles de nitrógeno sobre el rendimiento de maíz bajo labranza de conservación mínima.
- ◆ Determinar la respuesta del nitrógeno aplicado, 0 75 y 150 kilogramos al cultivo de maíz en función de la obtención de su rendimiento.

1.2. HIPÓTESIS

- Existe respuesta significativa del efecto residual de rastrojos en combinación con la fertilización nitrogenada sobre el rendimiento del maíz.
- No existe respuesta del efecto residual de rastrojos con la fertilización nitrogenada sobre el rendimiento del maíz.

II. REVISION DE LITERATURA

2.1. EL MAÍZ (*Zea mays*, L.)

El maíz es una gramínea anual, erecta, robusta de 0.6 a 3 metros de altura a más durante su madurez. Posee tallos ligeramente comprimidos, gruesos, algunas veces ramificados en su base y con raíces que brotan de los nudos inferiores. Las hojas son de 30 a 100 centímetros de largo y de 3 a 12 centímetros de ancho, la base es redondeada o truncada, el ápice más angosto y agudo y los márgenes frecuentemente ásperos e irregulares. Pertenece a la tribu **Maydaea** y a la subfamilia **Panicoideae** de la familia de las **Gramíneas**, esta familia probablemente contiene más especies de valor económico que cualquier otra del reino vegetal., la mayor parte de los granos contienen almidón suave en vez de almidón duro; los colores de los granos son generalmente blancos y amarillos. Somarriba, C. (1997)

2.1.1. Importancia socioeconómica del maíz

El cultivo del maíz ocupa el tercer lugar entre los cereales cultivados, contiene proteínas (10 – 12 %), carbohidratos (70 %), aceites (3 – 4%) y fibras (2 - 5%); en la actualidad una de las principales preocupaciones de los fitomejoradores es obtener variedades con mayores contenidos de proteínas y rendimientos. En Centroamerica y el Caribe se siembran cerca de 2 millones de hectáreas, constituyéndose en el cultivo de subsistencia más importante para los pequeños productores de escasos recursos. Ochse, J & Dijkman, M. (1991)

Cerca del 60 a 70% se siembra en monocultivo y el resto en asocio con otros cultivos como frijol, sorgo, ajonjolí, entre otros. Alrededor del 70% se siembra en primera (Mayo-Junio) con el establecimiento de las lluvias y el resto en postrera (Septiembre-Octubre).

En Centroamérica se cultiva extensamente más del 60% en suelos de ladera de baja fertilidad con alto potencial de erosión; se establece en sistemas agrícolas típicos de subsistencia con bajos insumo; utilizando tecnologías que rápidamente degradan y erosionan los suelos. Se espera que las áreas cultivadas en suelos marginales se incrementen considerablemente en los próximos años, debido a la fuerte presión demográfica. Los rendimientos de grano promedio en estos sistemas de subsistencia son

inferiores a las 1.5 ton/ha de grano y 3 a 4 ton/ha de rastrojos. Barreto, H. Sosa, H & Calderón, F. (1997)

En la región Centroamericana aproximadamente el 25%, se siembra en parcelas de tamaño intermedio (10-50 ha), utilizando tecnologías intermedias tales como semilla mejorada certificada, siembra en surcos con tracción animal o mecánica, densidad de siembra alta (50 mil plantas/ha), control químico de malezas, niveles intermedios de aplicación de fertilizantes (60-100kilogramos N/ha, 20 kilogramos P/ha) y uso de pesticidas para el control de enfermedades y plagas. A.F.E. & T, NIBE. (1989)

Los rendimientos promedios que se obtienen bajo este tipo de sistema de producción oscilan de 2 a 2.5 ton/ha. Del 10 al 15% del área restante se siembra en parcelas grandes (mayores de 50 ha), por agricultores que utilizan altos insumos externos (semilla híbrida, siembra mecánica, alta densidad de siembra) y tienen una visión claramente comercial; el rendimiento promedio que obtiene oscila entre 4 - 4.5 ton/ha. Barreto, H. (1994)

2.1.2. El Programa Regional del Maíz

El Programa Regional del Maíz (PRM) para Centro América y el Caribe, es una red colaborativa de investigación que viene trabajando integralmente con el INTA-CNIA de Nicaragua el que está conformada por nueve Programas Nacionales de Investigación en maíz y por el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT), creado con el propósito de incrementar la productividad sostenible de los diferentes sistemas de producción en maíz, al desarrollar y parcialmente validar alternativas tecnológicas con un enfoque de agricultura sostenible. Este programa ha venido desarrollando estrategias agronómicas que favorezcan la sostenibilidad de los sistemas de producción importantes de la región. Debido a la naturaleza del problema, el reto del programa ha sido proveer alternativas tecnológicas que aumenten la productividad, pero manteniendo o mejorando los recursos base (suelo, agua, nutrimentos) CIMMYT, IICA, PASOLAC & PROFRIJOL (1999)

Desde 1989, este programa ha impulsado tecnologías que favorecen la producción sostenida del maíz para pequeños y medianos productores ubicados en regiones marginales. Tales como labranza conservacionista, inserción de leguminosas de cobertura en asocio, relevo y rotación con maíz y el uso eficiente de modestos niveles de fertilización química. Estas prácticas son relativamente fáciles de adoptar, en la medida que las ventajas de su utilización sean percibidas por los agricultores. Calderón, F. (1991)

2.1.3. Factores que limitan el rendimiento del cultivo de maíz

Según PRM (1998) Programa Regional del Maíz se estima que los rendimientos promedios de maíz en la región de Centro América oscilan de 1.5 a 2.0 ton/ha. Desde el punto de vista agronómico, el rendimiento por unidad de área de este cultivo depende del número de mazorcas cosechadas por hectárea (mazorcas/ha) y su peso promedio. La baja densidad de población al momento de la cosecha está asociada a los bajos rendimientos. Al aumentar la densidad de siembra se afectan caracteres como: rendimiento, altura de planta, tamaño y longitud de mazorcas, peso de grano y mazorcas, etc. Si los suelos son bien fertilizados y con buena retención de humedad, se puede sembrar una mayor densidad de plantas; que en suelos que presentan baja fertilidad.

Uno de los problemas que más afecta a la producción de maíz en Nicaragua, es la enfermedad conocida como achaparramiento o lapeado, puesto que puede causar pérdidas de productividad del 70% al 100% en los casos más severos. En 1986 esta enfermedad causó la pérdida de 52,000 toneladas métricas (23.5% de la producción total de maíz); dicha enfermedad es causada por un espiroplasma (CCS) y un micoplasma (MBSM), los cuales transmiten por medio de la chicharrita del maíz, *Dalbulus maidis*. IICA, PASOLAC & PROFRIJOL (1999)

2.2. EL NITROGENO

Vivimos en un océano de nitrógeno, pero la provisión de alimentos para el hombre y animales está más limitada por el nitrógeno que por ningún otro elemento. En volumen la atmósfera contiene 79% de nitrógeno en forma de gas inerte, el cual es resistente reaccionar

con otros elementos y crear formas de nitrógeno que pudieran ser utilizada por la mayoría de las plantas. El incremento de la provisión de nitrógeno del suelo consiste esencialmente en aumentar el monto de fijación biológica o en añadir fertilizante nitrogenado, por lo que resulta paradójico que el nutriente que es absorbido del suelo en mayor cantidad por las plantas, es el que se encuentra en provisión más limitada. Foth, H (1992)

El nitrógeno se halla presente en la atmósfera en cantidades enormes, pero las plantas no pueden utilizarlo de esta forma. Ciertas bacterias proporcionan a las plantas de la familia de las leguminosas el nitrógeno necesario, que toman del aire y lo transforman mediante una serie de reacciones llamadas “fijación de nitrógeno” La mayor parte del nitrógeno del suelo se encuentra en formas orgánicas y presumiblemente se ha acumulado a partir de la forma elemental de la atmósfera por procesos de fijación, de los cuales el más importante es de naturaleza biológica. No es una exageración afirmar que el desarrollo de los cultivos está limitado más a menudo por una insuficiencia de este elemento, que por cualquier otro nutriente. Arzola, N & Machado, J

2.2.1. Ciclo del nitrógeno

Se denomina **proceso cíclico natural** al curso mediante el cual el nitrógeno se incorpora al suelo y pasa a formar parte de los organismos vivos antes de regresar a la atmósfera. El nitrógeno constituye parte esencial de los aminoácidos, es un elemento básico de la vida y se encuentra en la atmósfera en una proporción del 79%. Pero el nitrógeno gaseoso debe ser transformado en una forma químicamente utilizable, antes de poder ser utilizado por los organismos vivos; esto se logra a través del ciclo donde el nitrógeno gaseoso es transformado a nitratos o amoníaco. La energía aportada por los rayos solares y la radiación cósmica sirven para combinar el nitrógeno con el oxígeno gaseoso y formar nitratos, que luego son arrastrados a la superficie terrestre por las precipitaciones. La fijación biológica, responsable de la mayor parte del proceso de conversión del nitrógeno, se produce por la acción de bacterias libres fijadoras de nitrógeno, bacterias simbióticas que viven en raíces de plantas sobre todo leguminosas. Foth, H (1992)

El nitrógeno fijado en forma de amoníaco y nitratos, es absorbido directamente por las plantas e incorporado a sus tejidos en forma de proteínas vegetales; después, el nitrógeno recorre la cadena alimentaria desde las plantas a los herbívoros, y de estos a los carnívoros. Cuando las plantas y los animales mueren, los compuestos nitrogenados se descomponen produciendo amoníaco, a este proceso se le denomina **amonificación**. Arzola, N & Machado, J.

Parte de este amoníaco es recuperado por las plantas; el resto se disuelve en el agua o permanece en el suelo, donde los microorganismos lo convierten en nitratos o nitritos mediante el proceso llamado **nitrificación**. Los nitratos pueden almacenarse en el humus en descomposición o desaparecer del suelo por lixiviación, siendo arrastrado a los arroyos y los lagos. Otra posibilidad es que se convierta en nitrógeno mediante la desnitrificación y vuelva a la atmósfera. Sosa, H & Bolaños, J. (1993)

En los sistemas naturales, el nitrógeno que se pierde por desnitrificación, lixiviación, erosión y procesos similares, es reemplazado por el proceso de fijación y otras fuentes de nitrógeno. La interferencia antrópica en el ciclo del nitrógeno puede provocar disminución de este elemento en el ciclo o producir una sobrecarga en el sistema. Por ejemplo, los cultivos intensivos y la tala de bosques causan descenso del contenido de nitrógeno en el suelo; algunas de las pérdidas en los territorios agrícolas, sólo pueden restituirse por medio de fertilizantes nitrogenados artificiales, que suponen un gran gasto energético. Por otra parte, la lixiviación del nitrógeno en las tierras de cultivo demasiado fertilizadas, la tala indiscriminada de bosques, los residuos animales y las aguas residuales, añaden demasiado nitrógeno a los ecosistemas acuáticos, produciendo un descenso en la calidad del agua y estimulando el crecimiento excesivo de algas. Además, el dióxido de nitrógeno vertido en la atmósfera por los escapes de los automóviles y las centrales térmicas, se descompone y reacciona con otros contaminantes atmosféricos dando origen al smog fotoquímico. Sain, G & López, M (1997)

2.2.2. Fijación del nitrógeno

Se denomina fijación de nitrógeno al **proceso biológico o industrial** mediante el cual el nitrógeno atmosférico se transforma en nitrógeno orgánico, esencial para el crecimiento de las plantas y la industria química. Foth, H. (1992)

A continuación se resumen las principales formas de fijación del nitrógeno:

2.2.2.1. Fijación biológica

Entre los microorganismos más importantes del suelo que realizan la fijación de nitrógeno, se destacan las bacterias simbióticas del género *Rhizobium* que colonizan y forman nódulos en las raíces de las leguminosas. Las bacterias obtienen alimento de la planta y ésta a cambio, recibe compuestos nitrogenados en abundancia. A veces se inoculan al suelo determinadas especies de este género de bacterias, con el objetivo de incrementar las cosechas de leguminosas; estas se cultivan en muchos casos para que aporten al suelo el nitrógeno que ha sido agotado por otros cultivos. Foth, H. (1992)

2.2.2.2. Fijación industrial

El principal proceso industrial de fijación de nitrógeno es la producción de amoníaco. Los suelos pueden ganar nitrógeno por cuatro procesos reconocidos, estos son fijación simbiótica, fijación asimbiótica, adicción por la lluvia y fertilización. Foth, H. (1992)

- **Fijación simbiótica**

Desde el punto de vista agrícola, las bacterias más importantes capaces de utilizar el nitrógeno libre del aire, son aquellas que inducen a la producción de nódulos en las raíces de las leguminosas. Estos organismos cuando viven en los nódulos de las plantas, obtienen su alimento y sus minerales de las leguminosas, y a su vez proporcionan a la planta algo de su nitrógeno; a este proceso se le llama **simbiosis** y a los organismos que realizan esta función se les denomina: fijadores del nitrógeno. Foth, H. (1992)

- **Fijación no simbiótica**

En el suelo viven ciertos grupos de bacterias independientes de las plantas superiores, que tienen la capacidad de usar el nitrógeno de la atmósfera en la síntesis de tejidos de su organismo. Las bacterias que no viven en asociación con las plantas superiores, se denominan no simbióticas. Se han encontrado varias bacterias fijadoras de nitrógeno de forma no simbiótica, como las que pertenecen a los géneros *Azotobacter* y *Clostridium*. Foth, H. (1992)

2.2.3. Transformaciones de nitrógeno en el suelo

- **Mineralización**

La mineralización consiste en la transformación del nitrógeno orgánico del suelo en inorgánico. La principal fuente de este elemento, utilizado por las plantas que no lo fijan en simbiosis, es la forma mineral del suelo; éste se encuentra en suelos no fertilizados, proveniente de la descomposición de los compuestos orgánicos de nitrógeno. Este fenómeno tiene lugar en mayor medida en suelos bien drenados y aireados, aunque ocurre en todos; las diferencias en el pH se han considerado de gran influencia en la mineralización del nitrógeno en el suelo. La mineralización del nitrógeno orgánico del suelo se hace mayor a medida que la humedad del suelo aumenta, partiendo de la condición del suelo seco al aire, pero es mayor en suelos anegados. El aumento de la temperatura también tiene un efecto positivo en la mineralización. Secretaría de RRNN (1994)

- **Inmovilización**

Es el fenómeno contrario a la mineralización, es la transformación del nitrógeno mineral en orgánico. Foth, H. (1992)

- **Nitrificación**

La nitrificación resulta de la presencia en el suelo de nitrógeno disponible en forma de anión, lo cual no tiene interés especial debido a que la mayoría de las plantas utilizan los nitratos casi con la misma facilidad que el amoníaco. El amonio liberado de las formas orgánicas puede permanecer como tal o ser transformado a nitratos y nitritos; a este

fenómeno se le conoce como nitrificación. Esto tiene lugar en dos etapas, por organismos autótrofos que obtienen energía de la oxidación. Foth, H. (1992)

- **Desnitrificación**

La desnitrificación consiste en la reducción del nitrato a nitrógeno gaseoso y su escape del suelo, esto ocurre en condiciones anaeróbicas en suelos saturados de agua y puede ocurrir también en el interior de agregados de suelos húmedos considerados como bien drenados. Efectuada por organismos anaeróbicos que utilizan nitrógeno en vez de oxígeno en la respiración. De la misma forma que es natural que se añada al suelo nitrógeno por fijación, es natural que se pierda nitrógeno de los suelos por desnitrificación. La desnitrificación es perjudicial para la agricultura, ya que se pierde nitrógeno, así como cuando se aplica nitrato a suelos mal aireados. Sin embargo, es importante que pueda ayudar a prevenir la acumulación de nitrato. Foth, H. (1992)

2.2.4. Importancia del nitrógeno en el cultivo del maíz

Los suelos de Nicaragua por lo general son pobres en nitrógeno, los suelos francos considerados los mejores; generalmente no tienen niveles adecuados de nitrógeno, pero presentan cantidades apreciables de materia orgánica y elementos menores.

Una característica de los suelos tropicales, es el bajo contenido de materia orgánica por efecto de las altas temperaturas y rápida tasa de descomposición; esencial para la capacidad productiva de los suelos. Pedroza, H. (1991)

Por la importancia que desempeña el nitrógeno en la fisiología vegetal, al haber una insuficiencia de este elemento, se reducen las dimensiones de la planta, el área foliar, el número y tamaño de frutos y semillas. El nitrógeno es útil para la síntesis de clorofila e indispensable para estimular otras funciones necesarias; también es un componente de vitaminas y un sistema de energía de la planta. Este elemento aumenta el contenido de proteínas de las plantas en forma directa, una buena nutrición nitrogenada del cultivo, incrementa la tolerancia de las plantas al ataque de enfermedades. Las plantas bien nutridas, producen rápidamente nuevas raíces para reemplazar aquellas destruidas por los patógenos del suelo. El buen crecimiento de las raíces requiere niveles adecuados de todos

los nutrientes, es importante resaltar que aún cuando pocas enfermedades pueden ser totalmente eliminadas por un fertilizante específico, la severidad de la mayoría de las enfermedades pueden ser reducidas por medio de una adecuada nutrición. La nutrición mineral balanceada, promueve el control químico, biológico y genético de muchos de los patógenos de los cultivos. Gordon, R & González, A. (1994)

El maíz necesita adquirir nutrimentos del suelo para su crecimiento y desarrollo. El nitrógeno normalmente es el elemento más limitante en la productividad de muchos suelos, al igual que el fósforo. Muchos de los suelos de la región centroamericana tienen altos contenidos de potasio, y los cultivos normalmente no responden a aplicaciones de este elemento. El nitrógeno y el fósforo contribuyen favorablemente en la división celular y el crecimiento, así como en la formación de albúminas y semillas, además de intervenir en la floración, maduración y desarrollo radicular. En un suelo con bajo contenido de fósforo, la fertilización fosfórica aumenta los rendimientos y reduce la humedad de los granos al momento de la cosecha. La planta de maíz consume más nitrógeno que ningún otro elemento nutritivo proveniente del suelo. En el aire por encima de cada hectárea existen unas treinta toneladas de nitrógeno, pero el maíz no puede asimilarlo. Sosa, H. (1992)

El nitrógeno es indispensable para estimular el desarrollo vegetativo, la calidad del grano y además es necesario para el maíz durante toda su época de crecimiento. Los mayores requerimientos de este elemento se presentan desde las dos semanas antes de la aparición de la espiga, hasta tres semanas después de la misma. Durante este período la planta absorbe la mitad del nitrógeno que necesita durante toda su vida. Un suministro adecuado de nitrógeno en el cultivo de maíz produce hojas de color verde oscuro, debido a la alta concentración de clorofila. Las deficiencias de nutrientes en el suelo se reflejan más en la planta del maíz que en cualquier otro cultivo produciendo síntomas característicos en la planta; siendo muchas veces confundidos fácilmente con otros síntomas ocasionados por componentes del ambiente. Gordón, R & González, A. (1994)

La deficiencia de este elemento nutritivo no es fácil de detectar en las etapas tempranas de crecimiento del cultivo del maíz y los síntomas severos rara vez aparecen antes que la planta haya llegado a la rodilla. Cuando hay escasez de nitrógeno, se produce amarillamiento en las hojas que contrasta con el verde intenso de las plantas saludables; la planta presenta una clorosis por la disminución en la producción de clorofila. Este amarillamiento comienza en las hojas más viejas, luego se muestra en las jóvenes. A medida que la deficiencia se hace más severa, se produce a lo largo de la nervadura central un diseño en forma de “ V “, luego los tejidos se tornan pardos y mueren. Las deficiencias que presenta el maíz cuando está joven, frecuentemente pueden corregirse por medio de una fertilización adecuada. Somarriba, C. (1997)

2.3. NUTRICIÓN COMERCIAL DEL CULTIVO DE MAÍZ

Los fertilizantes en este cultivo se aplican en una o más de las siguientes épocas: antes de la siembra, en la siembra o como cobertura en crecimiento. Cantidades pequeñas de fertilizantes son requeridas durante los primeros estadios de crecimiento de la planta; la aplicación de nutrientes en la zona radicular durante este período es beneficiosa para el desarrollo de la misma, ya que las diferentes partes de la planta nacen y comienzan a crecer aunque la cantidad de nutrientes absorbidos sea pequeña. El tamaño final de las hojas, mazorcas y otras partes del vegetal, dependen de la uniformidad en la aplicación de los fertilizantes durante la primera época de crecimiento. Cuadra, M. (1990)

En la producción de maíz se realizan aplicaciones promedios de nitrógeno que oscilan entre 80 a 100 kilogramos/ha en forma de urea o sulfato de amonio, en uno o tres fraccionamientos. La mayoría de los productores aplican el fertilizante sobre la superficie del suelo, al voleo, por postura o en bandas. Esta forma de aplicación conduce a considerables pérdidas de nitrógeno amoniacal por volatilización directa o por escorrentía y de esta manera contribuir a la baja eficiencia de su uso. Pedroza, H. (1993)

Las necesidades que tiene el suelo de cada nutriente dependen de la composición química total del suelo, pH, humedad, topografía, clima, luz entre otros. En la mayoría de los casos

la aplicación de fertilizante comercial redundará en aumento del rendimiento, mejor calidad del grano y maduración más temprana. El exceso de nitrógeno ocurre sólo cuando se aplican cantidades excesivas de fertilizantes, generalmente combinados con suministros inadecuados de otros elementos. Barreto, H. (1994)

Aunque los fertilizantes son esenciales en la agricultura moderna, el abuso de estos puede ser nocivo para las plantas, los cultivos y el suelo. Además, la lixiviación de los nutrientes puede causar contaminación del agua y alteraciones como la eutrofización o desarrollo excesivo de la vegetación. Santana, R. (1985)

La cantidad de fósforo utilizable, por ejemplo, se incrementa frecuentemente con la adición de fertilizantes superfosfatados. Añadir calcio a los suelos disminuye la acidez y aumenta la disponibilidad de fósforo para las plantas. No obstante, la existencia de fósforo en formas no utilizables es, en ocasiones, ventajosa porque contribuye a conservar el contenido de éste en el suelo y hace que los efectos de la aplicación de superfosfato perduren años. En muchas ocasiones se añade cobre y azufre al suelo por medio de soluciones aplicadas en forma de aerosol. Otros elementos se añaden mediante aplicación directa o mediante fertilizantes artificiales específicos. Barreto, H. (1989)

Al aplicar fertilizantes al suelo, ya sea para mantener su fertilidad o para aumentarla, hay una serie de factores que tenemos que considerar, pues para que surtan efectos benéficos tenemos que aplicarlos en una época, forma y lugar adecuado; es decir, hay que hallar respuestas correctas al cuándo, cómo y dónde aplicarlos, y tomar en cuenta los aspectos económicos y laborales del lugar donde se apliquen. Barreto, H. (1994)

El momento más favorable para aplicar los fertilizantes es antes del período de mayor desarrollo de las plantas, para obtener el máximo aprovechamiento de ellos. Los fertilizantes se pueden aplicar según el tipo de cultivos, durante la preparación del terreno, durante la siembra o en el trasplante, al realizar una labor de cultivo estando ya establecida la plantación o después de la cosecha. Sosa, H & Bolños, J. (1993)

2.4. MATERIA ORGÁNICA DEL SUELO

Generalmente es “humus” el término utilizado para definir la mezcla compleja de materia orgánica del suelo; esta no es una mezcla estable de sustancias químicas, es más bien una mezcla dinámica, en constante cambio, que representa cada etapa de la descomposición de la materia orgánica muerta, desde la más simple a la más compleja. El proceso de descomposición está causado por la acción de un gran número de bacterias y hongos microscópicos. Estos microorganismos atacan y digieren los compuestos orgánicos complejos que constituyen la materia viva, reduciéndola a formas más simples que las plantas pueden usar como alimento. Un ejemplo típico de acción de las bacterias, es la formación de amoníaco a partir de proteínas animales y vegetales. Cubero, D. (1994)

La materia orgánica es un elemento importante para mantener el suelo en buenas condiciones físicas; contiene la reserva íntegra de nitrógeno, así como cantidades significativas de otros nutrientes, como fósforo y azufre. La productividad del suelo es afectada por el equilibrio de materia orgánica que contiene. Cubero, D. (1994)

La manera tradicional de aumentar el contenido de materia orgánica del suelo es incorporando materiales frescos o vegetales. Los residuos de las plantas constituyen una parte muy importante de un suelo productivo, ya que sirven como fuente de energía para el crecimiento de los microorganismos del suelo. La mayoría de los abonos orgánicos contienen varios elementos nutritivos; sin embargo, los fertilizantes orgánicos no deben valorarse únicamente por su contenido en nutrientes, sino por el efecto que producen sobre las propiedades del suelo. Ya que mejoran la estructura y textura del suelo. Asimismo representan una fuente de suministro de nitrógeno, puesto influye favorablemente sobre los contenidos proteicos de las plantas. Cadena, P. (1995)

Los cultivos de cobertura se establecen con el propósito de proteger el suelo durante el invierno y en el caso de utilizar una leguminosa, favorecen la fijación de nitrógeno. En cambio los cultivos de estiércol verde se emplean solamente para enterrarlos con el arado con el objetivo de aumentar el contenido de materia orgánica del suelo. Aunque éstos cultivos no producen nada, incrementan el rendimiento de subsiguientes siembras en los mismos campos. Morales, J. (1992)

El método más antiguo para aumentar el contenido de materia orgánica del suelo es la aplicación de fertilizantes como el estiércol y el compost. El abonado del suelo con excrementos de animales se ha practicado durante miles de años y sirve para aportar diversos compuestos orgánicos complejos que son importantes para el crecimiento de las plantas. Chapingo, México. (1991)

2.5. PRÁCTICA DE CONSERVACIÓN DE SUELOS Y AGUA

Cobertura muerta, arrope o mulch, es una práctica que consiste en utilizar materiales vegetales muertos y esparcirlos sobre la superficie del suelo, con el fin de protegerlo del impacto de las gotas de lluvias, reducir la velocidad del agua de escorrentía, aportar materia orgánica fresca al mismo e incrementar los rendimientos; esto permite la explotación sostenible y eficiente de la tierra con niveles bastante aceptables de productividad. Esta práctica se puede utilizar en todos los cultivos durante los tiempos muertos (cuando no hay cultivo en la parcela) y es de particular importancia en lugares que presentan una estación seca marcada, en zona de laderas. Pasolac, (1997)

Es necesario realizar aplicaciones periódicas, por lo menos una vez al año, para mantener una cantidad suficiente de residuos, ya que estos van a ir descomponiéndose. En algunos casos es necesario controlar la presencia de ciertos hongos e insectos dañinos. Cubero, D. (1994)

El costo de esta práctica es variable y depende de la cantidad de rastrojo que se aplique, del tipo de residuos vegetales disponibles y de su cercanía al lugar de aplicación. La forma más económica de lograr cierta cobertura muerta es aprovechar los residuos de las prácticas culturales corrientes como podas y desyerbas. Suponiendo que un material no muy grueso este disponible, se deben considerar las siguientes fases: acarreo, picado si es necesario y esparcimiento en el terreno. Barreto, H. (1989)

2.6. EL PAPEL DE LOS RESIDUOS EN LA CONSERVACIÓN DE SUELOS Y AGUA

Los residuos pueden ser considerados derivados de la producción agrícola. La relación directa que existe entre la producción de grano y la producción de residuos implica que todos los factores que influyen en la producción de grano, también influyen directamente en la producción de residuos. Los factores ecológicos determinan en primera instancia la producción potencial de biomasa en cada ambiente. El factor primordial en zonas tropicales es la disponibilidad de agua y en segunda instancia la disponibilidad de nutrientes. La disponibilidad de estos factores está directamente relacionada con las características ecológicas del ambiente, como la precipitación, evapotranspiración, suelo, temperatura, topografía entre otros. Gordón, R. (1992)

La producción de residuos no se traduce simplemente en su disponibilidad como mantillo. En las zonas tropicales, existen varios usos que se le dan a los residuos y que afectan directamente su disponibilidad como mantillo. Estos usos pueden variar en forma considerable entre ó incluso dentro de las regiones. Los residuos de las cosechas pueden proporcionar cobertura al suelo y maximizar la infiltración, si se dejan en cantidades suficientes para formar un mantillo efectivo; ya que éste aumenta la infiltración al formar nuevas barreras físicas contra el escurrimiento y al mejorar la estructura física del suelo. Los pequeños productores de laderas se enfrentan a carencias y necesidades que requieren satisfacer a corto plazo. Estos productores no están dispuestos a invertir grandes cantidades en medidas de conservación; para que estas medidas sean viables en estos ambientes; deben representar costos adicionales limitados. Sosa, H. (1992)

El reciclaje de nutrientes y la aplicación racional de la labranza se consideran elementos esenciales de una estrategia de producción sostenible para los sistemas de cultivos. Las leguminosas como Canavalia y Mucuna pueden sustituir más de 150 kilogramos de N/ha en sistemas de maíz. Adiciones de residuos al suelo alteran el ciclo del nitrógeno, pudiendo afectar su disponibilidad para el cultivo. Por esta razón es importante entender la interacción entre el uso de residuos de mantillo y nitrógeno (Barreto, 1989).

Ensayos regionales realizados por el Programa Regional del Maíz (PRM) sobre esta interacción, sugieren una inmovilización cercana a los 60-80 kilogramos de N/ha, debido a la descomposición del residuo ó del mantillo de maíz en sistemas de labranza de conservación Bolaños, (1993)

Según Barreto (1989), la aplicación de niveles de mantillo al suelo puede alterar profundamente procesos y propiedades físicas y química del suelo, debido a cambios que se producen al modificar el sistema de laboreo del suelo.

Es necesario resaltar la importancia de la relación C:N del rastrojo, para entender el balance entre mineralización e inmovilización del nitrógeno de los residuos vegetales y la disponibilidad de este elemento bajo sistemas de cero labranza. Cuando los residuos tienen una relación C:N alta (bajo contenido de N), la descomposición de estos requiere de una demanda fuerte de nitrógeno, lo que puede causar la inmovilización del mismo. Aplicaciones de residuos con relación C:N inferior a 20 (alto contenido de N), resulta en una mineralización neta de nitrógeno durante la descomposición de éstos. La inmovilización del nitrógeno es temporal, estableciéndose un nuevo equilibrio en la mineralización e inmovilización de este elemento, además de efectos negativos sobre el rendimiento del maíz con aumento de las dosis de rastrojos. Sosa, H & Bolaños, J. (1993)

Según Barreto (1989), afirma que la labranza de conservación casi no tiene efecto a corto plazo en el cultivo de maíz, incluso puede reducir sustancialmente el rendimiento de éste en condiciones de baja disponibilidad de nitrógeno, puesto que la relación C:N juega un papel muy importante en este aspecto.

2.7. LABRANZA CONSERVACIONISTA (MÍNIMA)

Desde hace varios años se viene promoviendo la labranza de conservación. La Sociedad de Conservación del Suelos de América, define este tipo de labranza como cualquier sistema que reduce la pérdida de suelos o agua en comparación con la labranza convencional. Se considera que para que sea labranza de conservación debe de mantenerse un 30% de la superficie del suelo cubierta de mantillo; de esta manera la erosión se reduce entre un 50 y 90% comparándolo con un suelo sin protección.

El principal propósito de la labranza es preparar el suelo para el cultivo, pero además brinda otros beneficios secundarios importantes tales como la aireación o exposición al aire, debida a la pulverización del suelo. Esto no sólo permite una mejor circulación del oxígeno y el agua, sino también un incremento de la actividad biológica en el suelo lo cual engloba los organismos que fijan el nitrógeno atmosférico. Asimismo, contribuye a la salud de las plantas, inhibiendo las enfermedades que las afectan y dificultando el desarrollo de diversos tipos de insectos que son dañinos para ellas. Santana, R. (1985)

Actualmente, muchos agricultores siguen un programa de labranza mínima o reducida para conservar el suelo. En este tipo de labranza la materia vegetal muerta, que queda en el suelo tras la cosecha se deja encima, o bien bajo tierra, a poca profundidad, en vez de ser introducida profundamente con el arado (como ocurre en la labranza tradicional); esto contribuye a mantener la humedad en el interior y a proteger el suelo de la erosión.

El concepto de labranza mínima se aplica a una amplia gama de suelos, cultivos y condiciones topográficas. Se adapta muy bien a tierras de ladera con porcentajes de pendientes hasta del 50% y a cultivos extensivos como granos básicos. Los sistemas de labranza mínima son más económicos que los de labranza tradicional, a pesar de que se debe tomar en cuenta el costo del control suplementario de malezas y del manejo de los residuos de cosecha. Barreto, H. (1989)

2.8. LAS LEGUMINOSAS Y SU IMPORTANCIA

Leguminosas, es el nombre común de una familia botánica denominada **Leguminosae**; Esta familia tiene distribución mundial, aunque la máxima concentración de especies se da en las regiones tropicales y subtropicales; ocupan el tercer lugar en cuanto a número de especies y el segundo después de las gramíneas. La simbiosis fijadora de nitrógeno se basa en la asociación de bacterias del género *Rhizobium* con las plantas de la familia de las leguminosas. Las leguminosas suministran energía en forma de productos de la fotosíntesis y estas últimas proporcionan a las plantas el nitrógeno que fijan del aire. La asociación provoca la formación de un nuevo órgano, el nódulo, que generalmente se localiza en las raíces de las plantas. Es en el nódulo donde se lleva a cabo la fijación del nitrógeno atmosférico. Binder, U. (1997)

El uso de leguminosas en la protección y mejoramiento del suelo como abono verde, cultivo de cobertura y árboles de sombra; juegan un papel primordial aumentando el contenido de materia orgánica y nitrógeno al mismo. La característica agronómica más importante de las leguminosas es su carácter de plantas mejoradoras del suelo; ya que tienen la capacidad de restablecer la fertilidad de los suelos y mejorar sus propiedades físicas, químicas y biológicas. Binder, U. (1997)

2.8.1. El Género *Canavalia*

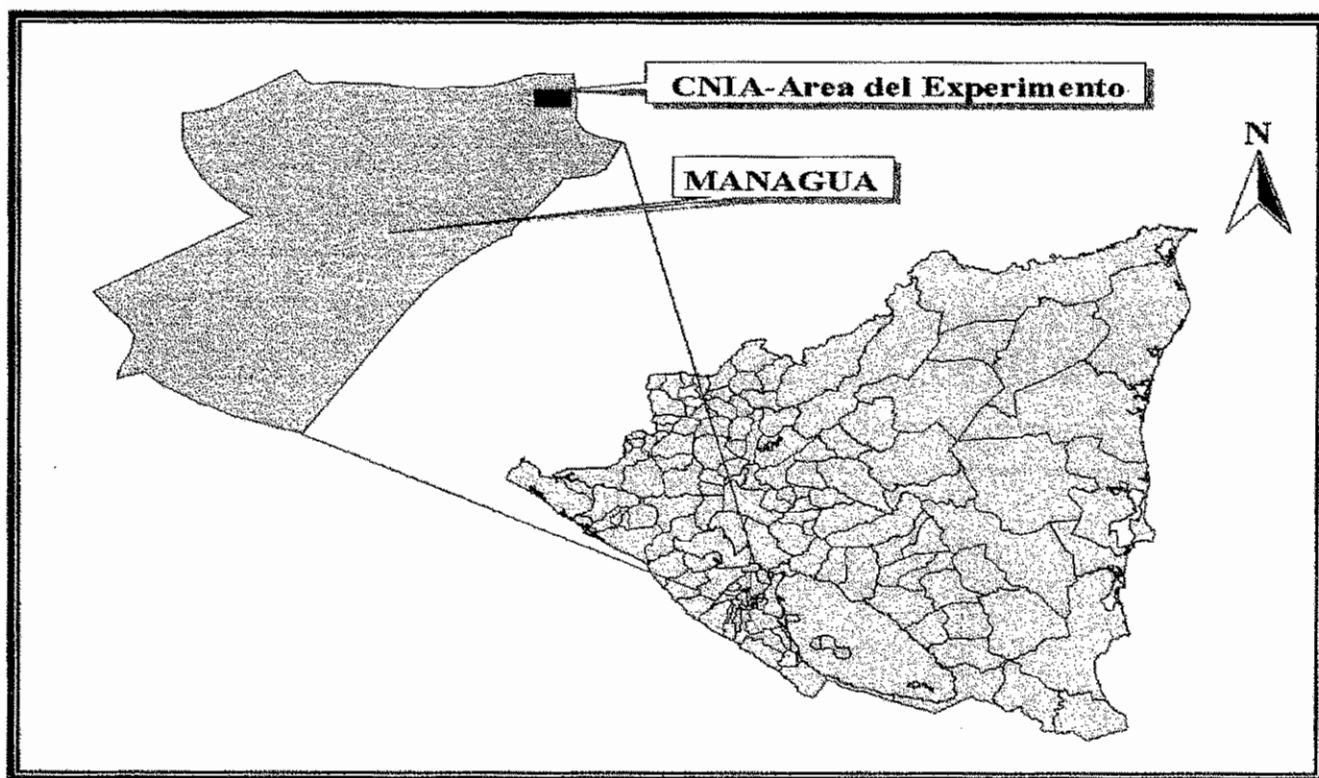
El género *Canavalia* es una leguminosa que pertenece a la subfamilia **Faboideae**, dentro de estas especies se destaca *Canavalia ensiformis*, conocida con los nombres comunes de Canavalia, frijol de chanco, frijol machete y frijol mantequilla. Esta especie crece en suelos pobres y con poco contenido de fósforo, con pH comprendido entre 4.3 a 8; aunque el óptimo oscila de 5 a 7.3, con textura arenosa-franca a arcillosa. También se adapta a suelos salinos. Canavalia es una planta anual de día corto, pero se vuelve perenne en zonas más húmedas y puede sobrevivir de 2 a 4 años. Posee la capacidad de rebrote después del corte, lo que permite producir más de una cosecha. El desarrollo inicial es rápido y el crecimiento productivo es alto. Presenta un sistema radicular con alta capacidad de reciclaje de nutrientes. Su ciclo es de 170 a 240 días y posee un poder de germinación muy rápido (2-3 días). El rendimiento de semilla oscila de 12.5 hasta 60 quintales por manzana. Binder, U. (1997)

III. MATERIALES Y METODOS

3.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL EXPERIMENTO

El experimento se realizó en la época de postera (1998), en el Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias (CNIA), del Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria (INTA), ubicado en el kilómetro 14 de la carretera norte; de la ciudad de Managua. Geográficamente se encuentra localizado entre las coordenadas $12^{\circ} 10' 14''$ a $12^{\circ} 08' 05''$ de latitud Norte y $86^{\circ} 10' 20''$ a $86^{\circ} 09' 49''$ de longitud Oeste, su altitud es de 56 msnm.

En la siguiente figura se presenta un mapa de la ubicación geográfica del CNIA, parcela donde se llevó a cabo el experimento, evaluación de tipos de residuos de rastrojos y niveles de nitrógeno en el año de 1998.



Fuente: Sala Sistema de Información Geográfica (SIG-UNA) 1998

Figura 1. Mapa de ubicación geográfica de la zona experimental (CNIA) 1998

3.2. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA EXPERIMENTAL

El área experimental es utilizada para el establecimiento de cultivos tradicionales como: pasto, maíz, sorgo, maní y cultivos de fibras y según Holdridge (1963), la zona de vida corresponde a bosque tropical en transición a subtropical.

Los suelos de la región pertenecen al orden Andosol, serie Sabana Grande(SG), con una profundidad efectiva de 30 centímetros, los cuales presentan en su estructura de formación un horizonte de carbonato de calcio, con pendiente uniformemente plana en toda el área.

En la siguiente tabla se describen las características físico-químico y textural del suelo donde se estableció el experimento.

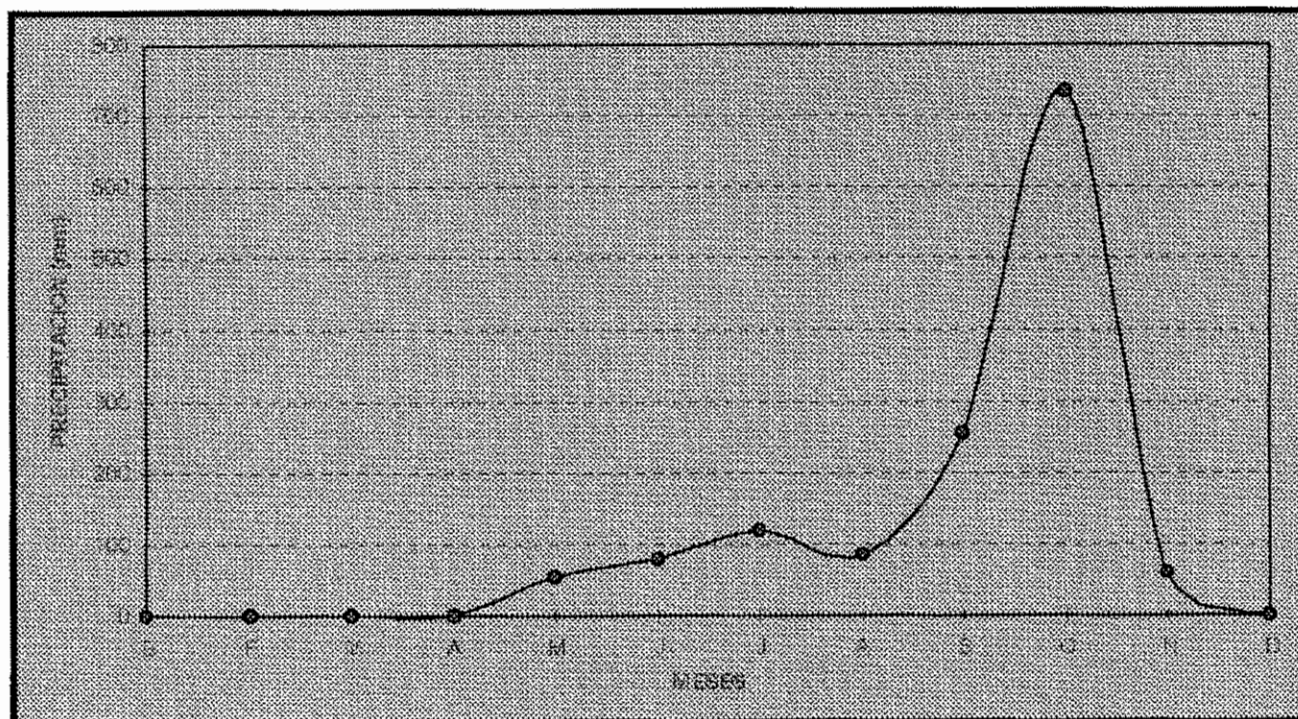
Tabla 1. Análisis físico-químico y textural de suelo donde se llevó el experimento residuos de rastrojos y niveles de nitrógeno en CNIA, Managua (1998)

Análisis físico-químico						
Prof	PH	M.O	N	P	K	CIC
(cms)	(H ₂ O)	(%)	(%)	(ppm)	(meq/100g)	(meq/100g)
0-30	6.6	3.04	0.15	77.63	1.89	33.2
Análisis textural						
% Arcilla		% Limo		% Arena		Clase textural
22.5		27.5		50		franco

Fuente: Laboratorio de Suelos y Agua (UNA), 1998.

En la siguiente página se muestra la figura No 2 representa la distribución de lluvias en la época de establecimiento del experimento, correspondiente al período comprendido de Septiembre a Diciembre de 1998.

Figura 2. Distribución de las lluvias que se presentaron durante 1998 en el Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias (CNIA), Managua.



Fuente: Estación meteorológica Augusto César Sandino, Managua, 1998.

3.3. DESCRIPCIÓN DEL DISEÑO EXPERIMENTAL

El diseño experimental utilizado en la investigación fue Bloques Completo al Azar (BCA), en arreglo de parcelas divididas con 3 repeticiones. La parcela principal estaba representada por residuos de rastrojo (Factor A) y la subparcela por niveles de nitrógeno (Factor B). Con el objetivo de medir el efecto residual de los tipos de rastrojos y la interacción rastrojo-nitrógeno realizada en los dos años anteriores (1996-1997).

La unidad experimental estaba constituida por 5 surcos de 5 metros de longitud, separados a 0.8 metros entre surco y 0.25 metros entre plantas, para una densidad teórica de 53,333 plantas. El área de la parcela principal fue de 60 metros cuadrados, la subparcela de 20 metros cuadrados, y el área útil fue de 12 metros cuadrados.

3.4. DESCRIPCIÓN DE LOS TRATAMIENTOS

Los tratamientos aplicados a las parcelas fueron 12 en total compuestos por cuatro tipos de rastrojos: (rastrojo de maíz, maíz más sorgo, canavalia y maíz, sorgo y canavalia) y tres niveles de nitrógeno correspondientes a 0, 75 y 150 kilogramos; estos se distribuyeron mediante un proceso de azarización, de acuerdo al diseño experimental utilizado.

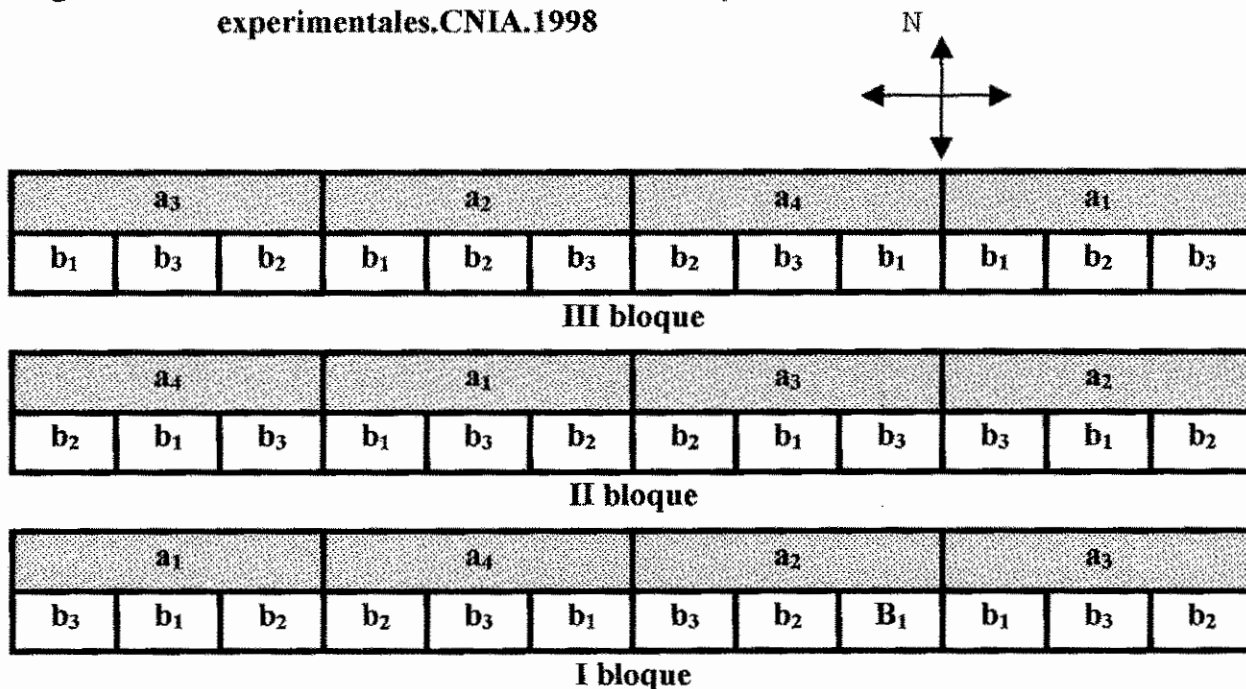
La tabla 2 resume los factores de estudio utilizados en la investigación y en la figura No. 3 se presenta la distribución de los mismos.

Tabla 2. Factores de estudio del experimento residuos de rastrojos y niveles de nitrógeno aplicados al maíz. CNIA, Managua (1998)

Factor A (Tipos de residuos de rastrojos)	Factor B (Niveles de nitrógeno)
a ₁ : maíz	b ₁ : 0 Kg de N/ha
a ₂ : Maíz + Sorgo	b ₂ : 75 Kg de N/ha
a ₃ : Canavalia	b ₃ : 150 Kg de N/ha
a ₄ : Maíz+Sorgo+Canavalia	

La figura que se presenta a continuación representa la combinación de los factores involucrados en el estudio.

Figura 3. Distribución de los factores y azarización en las unidades experimentales. CNIA. 1998

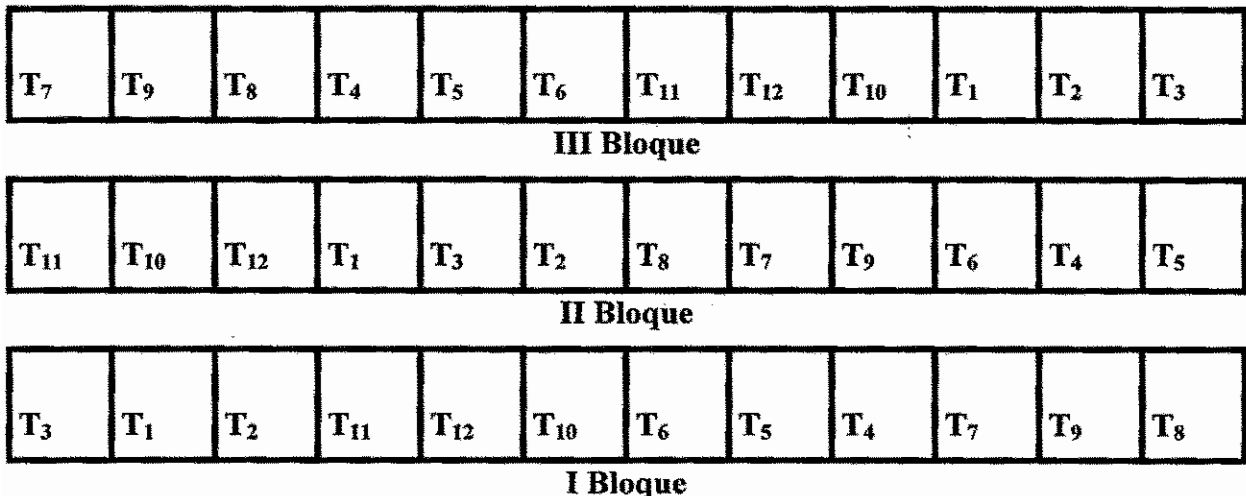
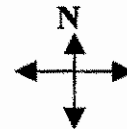


En la tabla 3 se presenta el total de tratamientos y sus respectivas interacciones utilizadas en el experimento y en la figura No. 5 la distribución de los mismos en el campo.

Tabla 3. Total de tratamientos e interacciones del experimento residuos de rastrojos y niveles de nitrógeno aplicados al maíz. CNIA Managua 1998

Tratamiento	Interacción	Significado
T ₁	a ₁ b ₁	Maíz + 0 kg Nitrógeno
T ₂	a ₁ b ₂	Maíz + 75 kg Nitrógeno
T ₃	a ₁ b ₃	Maíz + 150 kg Nitrógeno
T ₄	a ₂ b ₁	Maíz + Sorgo + 0 kg. Nitrógeno
T ₅	a ₂ b ₂	Maíz + Sorgo + 75 kg. Nitrógeno
T ₆	a ₂ b ₃	Maíz + Sorgo + 150 kg. Nitrógeno
T ₇	a ₃ b ₁	Canavalia + 0 kg. Nitrógeno
T ₈	a ₃ b ₂	Canavalia + 75 kg. Nitrógeno
T ₉	a ₃ b ₃	Canavalia + 150 kg. Nitrógeno
T ₁₀	a ₄ b ₁	Maíz + Sorgo + Canavalia + 0 kg. Nitrógeno
T ₁₁	a ₄ b ₂	Maíz + Sorgo + Canavalia + 75 kg. Nitrógeno
T ₁₂	a ₄ b ₃	Maíz + Sorgo + Canavalia + 150 kg. Nitrógeno

Figura 4. Distribución de los tratamientos y su azarización en las unidades experimentales en CNIA, Managua (1998)



3.5. VARIABLES EVALUADAS Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DEL EXPERIMENTO

En el experimento se evaluaron las siguientes variables: peso de mazorca, mazorcas por planta, porcentaje de mazorcas podridas, rendimiento de grano, plantas por metro cuadrado, mazorcas por metro cuadrado y porcentaje de plantas acamadas. Los resultados se evaluaron mediante un Análisis de Varianza (ANDEVA), combinando todas las variables de respuesta; para el análisis estadísticos de los datos se utilizó MSTAT y separación de medias, mediante con la Prueba de Rangos Múltiples de Duncán al 5% de probabilidad.

3.6. MANEJO EXPERIMENTAL DEL ENSAYO

Primeramente se realizó la limpieza y chapia del área experimental de forma manual. La preparación del terreno fue mecanizada y se ajustó a labranza mínima con un pase de raya en los surcos de siembra, luego se procedió a sacar muestras de suelos en cada parcela y llevadas al laboratorio de suelos y agua de la Universidad Nacional Agraria, con el fin de conocer el estado nutricional de cada parcela producto de la descomposición de los rastrojos incorporados en los dos experimentos anteriores (1996 y 1997) para conocer la respuesta al efecto residual. La siembra se realizó manual y depositando 3 semillas al mismo tiempo se fertilizó con el 50% de la dosis de nitrógeno para luego realizar un primer raleo a los 15 días después de la siembra y dejar el número de plantas deseadas. La variedad de maíz utilizada fue NB-6, variedad intermedia de 110 días a la madurez fisiológica, recomendada para la siembra de primera, postrera y postreron, por su potencial de rendimiento y su tolerancia al achaparramiento.

La fertilización nitrogenada se realizó de acuerdo a niveles propuestos, aplicándose el restante 50% a los 35-40 días después de la siembra, en los 12 tratamientos. Se procedió a efectuar un segundo raleo de plantas hasta dejar la población óptima para el estudio (53,333 plantas) El control de insectos y malezas del follaje se practicó durante todo el ciclo vegetativo, se aplicaron insecticidas preventivos (Lorsban 1 lt/ha), previo recuento de plagas. La cosecha se realizó de forma manual a los 110 días en la parcela útil (3 surcos centrales)

IV. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1. Rendimientos promedios obtenidos durante el experimento tipos de residuos de rastrojos y niveles de nitrógeno aplicados al maíz en el CNIA, Managua (1998)

Tabla 4. Rendimientos promedios obtenidos en la interacción rastrojos y niveles de nitrógeno aplicados al maíz en el CNIA, Managua (1998)

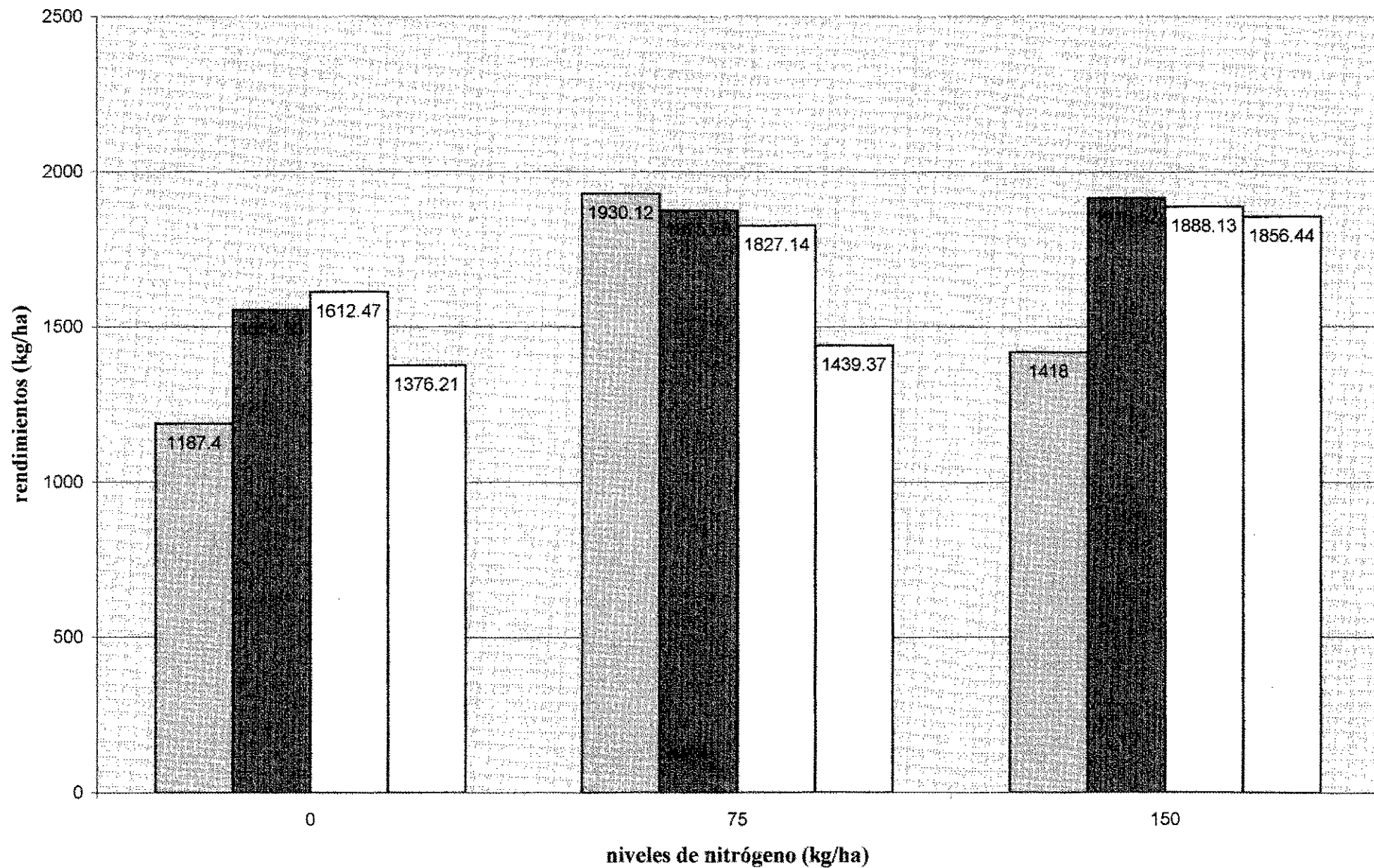
Tipos de residuos de rastrojos Ton/ha	Niveles de Nitrógeno Kg/ha			Promedios
	0 kg	75kg	150kg	
sin rastrojo	1187.40kg/ha	1930.12 kg/ha	1418.00 kg/ha	1511.84 kg/ha
maíz + sorgo	1554.33 kg/ha	1875.76 kg/ha	1916.52 kg/ha	1782.20 kg/ha
Canavalia	1612.47 kg/ha	1827.14 kg/ha	1888.13 kg/ha	1775.91 kg/ha
Maíz+sorgo+canavalia	1376.21 kg/ha	1439.37 kg/ha	1856.44 kg/ha	1557.34 kg/ha
Promedios	1432.60 kg/ha	1768.10 kg/ha	1770.00 kg/ha	

Los resultados anteriores nos demuestran los rendimientos promedios independientes por cada dosis de nitrógeno aplicado al cultivo del maíz así como los diferentes residuos de rastrojos que fueron incorporados en los años (1996-1997). Con el propósito de conocer el aporte de nutrientes de los anteriores al descomponerse en el suelo y satisfacer a la planta en sus diferentes necesidades y etapas de crecimiento.

Los que presentaron mejores resultados desde el punto de vista del nitrógeno es la dosis de 150 kilogramos (1770. kg/ha); seguido por la dosis 75 kilogramos con una mínima diferencia entre la anterior, con un rendimiento promedio de (1768.10 kg/ha) siendo más viable y factible económica, social y ambientalmente sana la última dosis.

En el caso de los residuos de rastrojos los mayores aportes se dieron en la combinación de gramíneas maíz más sorgo con un rendimiento de (1782.20 kg/ha) y el residuo de canavalia con un rendimiento promedio de (1775.91 kg/ha), en el resto de los casos podemos mencionar que los resultados son bajos por el residuo sólo de maíz y el las combinaciones de maíz, sorgo y canavalia; para este último hacemos especial mención de no combinar residuos de gramíneas y canavalia de cualquier tipo.

Rendimientos promedio obtenidos en el experimento residuos de rastrojos y niveles de nitrógeno CNIA (1998)



■ rastrojo de maíz ■ maíz + sorgo □ Canavalia □ Maíz+sorgo+canavalia

**rendimiento del maíz para las variables evaluadas en el experimento de 1998
CNIA Managua**

El ANDEVA realizado a los datos de la variable porcentaje de mazorcas podridas con un nivel de confianza de un 95%, demuestra que el bloqueo no contribuyó a mejorar la precisión del experimento realizado. Que los tipos de rastros empleados en el estudio y la interacción tipos de rastros-niveles de nitrógeno no ejercieron influencia significativa sobre esta variable. En cambio, al menos un par de los niveles de nitrógeno, inducen a producir mazorcas podridas entre sí. Esto debido a la presencia de alta humedad en el ambiente, el rocío de agua depositada por condensación de vapor de agua existente como consecuencia de las lluvias y temperaturas extremas durante el período de formación de la mazorca, alguna de ellas no tenían un buen cubrimiento introduciéndose agua, por efecto del fenómeno Meteorológico "MITCH" en octubre y noviembre del año 1998. ocasionando otros daños por el enfriamiento, alterando procesos fisiológicos en los tejidos del maíz. Otra efecto puede atribuirse al exceso de nitrógeno comercial aplicado provocando una proliferación de órganos vegetativos y una reducción de fruto, además la planta se hace más vulnerable al ataque de plagas, enfermedades dando como consecuencia mazorcas podridas. Ver tabla 5.

Tabla 5. Análisis de varianza para la variable porcentaje de mazorcas podridas (maz/po) CNIA, Managua, (1998)

Fuente de Variación	Gl	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	F _c	F _{5%}
Bloques	2	84.435	42.218	2.2132 NS	5.14
Rastrojo (A)	3	10.704	3.568	0.1871 NS	4.76
Error (A)	6	114.450	19.075		
Nitrógeno (B)	2	163.089	81.544	4.0229*	3.63
Interacción (AB)	6	139.914	23.319	1.1504 NS	2.74
Error (B)	16	324.325	20.270		
Total	35	836.918			

Leyenda

gl: grado de libertad Fc: fc: calculado
 F 5%: f tabulado NS: no significativo
 *: significativo

El ANDEVA demuestra que el bloqueo no contribuyó a mejorar la precisión de los datos obtenidos, porque no existe diferencia significativa de bloque; que no existen diferencias significativas reales del peso de mazorca obtenido por influencia de los tipos de rastrojos y de la interacción tipos de rastrojos-niveles de nitrógeno evaluados en la investigación. Alguno de los tres niveles de nitrógeno estudiados ejercen influencia estadística significativa en el peso de las mazorcas de maíz, es decir que el nitrógeno ejerce un efecto directo en el aumento del peso de mazorca al nutrir el grano de maíz con los compuestos necesarios para su peso. Los residuos de rastrojos son ricos en carbono principalmente las gramíneas, pero tienen bajos contenidos en nitrógeno por lo que se requiere una compensación aplicando fertilizante comercial para mejorar el estado nutricional del suelo y hacerlos disponible para la planta cuando más lo necesite. Con el efecto de bloque al no tener respuesta significativa se debió principalmente al arreglo del diseño y a la distancia entre plantas por la competencia entre plantas por factores edafoclimáticos y nutritivos.

Ver tabla 6.

Tabla 6. Análisis de varianza para la variable peso de mazorcas (pe/maz) CNIA, Managua (1998)

Fuente de Variación	Gl	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	F _c	F _{5%}
Bloques	2	81.203	40.602	0.4926 NS	5.14
Rastrojo (A)	3	12.376	4.125	0.0500 NS	4.75
Error (A)	6	494.541	82.424		
Nitrógeno (B)	2	1869.425	934.713	17.3576 *	3.63
Interacción (AB)	6	153.361	25.560	0.4747 NS	2.74
Error (B)	16	861.604	53.850		
Total	35	3472.510			

Leyenda

gl: grado de libertad Fc: f calculado
 F 5%: f tabulado NS: no significativo
 *: significativo

El ANDEVA demuestra con un 95% de confianza que el bloqueo no contribuyó a mejorar la precisión de los datos obtenidos, y que no existen diferencias significativas en el rendimiento del grano por efecto de los diferentes tipos rastrojos estudiados y por el efecto de la interacción tipos de rastrojos-niveles de nitrógeno. Esto último indica que la influencia de ambos factores sobre el rendimiento es independiente entre sí, de modo que

debe considerarse solamente el efecto de cada factor por separado. En cambio los niveles de nitrógeno estudiados ejercieron una respuesta significativa en el rendimiento del grano. Un adecuado manejo agronómico tiene un efecto favorable en el crecimiento del cultivo, dando así un desarrollo de las yemas vegetativas y reproductivas asegurando un normal desarrollo de mazorcas y por ende asegurando un respuesta al rendimiento por unidad de área. El nitrógeno además de constituyente esencial para la clorofila es importante para la formación de proteínas, ácidos nucleicos y otros compuestos necesarios para la formación de mazorcas y el aumento de la producción

Ver tabla 7.

Tabla 7. Análisis de varianza para la variable rendimiento del grano (rdto) CNIA, Managua (1998)

Fuente de Variación	Gl	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	F _c	F _{5%}
Repetición	2	174148.14	87074.067	0.6346 NS	5.14
Rastrojo (A)	3	547390.13	182463.38	1.3297 NS	4.76
Error (A)	6	823328.69	137221.45		
Nitrógeno (B)	2	904977.63	452488.82	4.1547 *	3.63
Interacción (AB)	6	732627.23	122104.55	1.1211 NS	2.74
Error (B)	16	1742577.4	108911.09		
Total	35	4925094.29			

Leyenda

gl: grado de libertad Fc: f calculado
 F 5%: f tabulado NS: no significativo
 *: significativo

Según los resultados del ANDEVA realizado a la variable mazorca por planta, utilizando un nivel de significancia del 5%, demuestra que no existe efecto significativo de bloque, por lo tanto, el bloque no contribuyó a mejorar la precisión de los datos obtenidos; que los niveles nitrógeno estudiados y la interacción tipos de rastrojos-niveles de nitrógeno no tienen significancia estadística sobre el número de mazorcas por planta y que existe diferencias significativas en el número de mazorcas por planta, por efecto de los tipos de rastrojos evaluados en el experimento, es decir que al menos un par de los tipos de rastrojos inducen a producir diferente número de mazorcas por planta.

En este caso podemos decir que al momento de la siembra la semilla encontró las condiciones óptimas en el suelo de una fracción de materia orgánica que se acumuló durante los aportes anteriores (1996-1997) permitiendo un mejor desarrollo fisiológico de la planta y por lo tanto una mayor producción de mazorca. Así como un aporte por parte de las dosis de nitrógeno aplicado haciendo más utilizable para la planta lo que necesitaba para satisfacer sus necesidades para su crecimiento y desarrollo vegetativo. **Ver tabla 8.**

Tabla 8. Análisis de varianza para la variable mazorcas por planta (maz/pl) CNIA, Managua (1998)

Fuente de Variación	gl	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	F _c	F _{5%}
Bloques	2	0.055	0.028	5.1040 NS	5.14
Rastrojo (A)	3	0.128	0.043	7.8584 *	4.76
Error (A)	6	0.033	0.005		
Nitrógeno (B)	2	0.004	0.002	0.1047 NS	3.63
Interacción (AB)	6	0.110	0.018	0.9175 NS	2.74
Error (B)	16	0.321	0.020		
Total	35	0.652			

Leyenda

gl: grado de libertad Fc: f calculado
 F 5%: f tabulado NS: no significativo
 *: significativo

De acuerdo a los resultados del ANDEVA, podemos concluir con un 95% de confiabilidad, que existe un efecto significativo de bloque, lo cual indica que éste contribuyó a mejorar la precisión del experimento realizado. De esta forma, una parte importante de la variabilidad aleatoria, correspondiente a las diferencias de heterogeneidad del suelo entre grupos de parcelas, fue captada y disminuida del error total, esto facilitó establecer el verdadero significado estadístico de los factores en estudio. Es decir que uno de los bloques del experimento fue seriamente afectado por el embate de las altas precipitaciones arrastrando la capa superficial arable y fértil dejando las raíces desnudas sin amarre del suelo dejándolas débil ante los embates de los fuertes vientos del fenómeno meteorológico "MITCH" provocando un alto porcentaje de plantas acamadas (caídas) principalmente.

Agregar que dejan a la planta más vulnerable al ataque de plagas y enfermedades, por que se interrumpe el crecimiento normal y desarrollo vegetativo para hacer vigorosa a la planta. No existen diferencias significativas en el porcentaje de plantas acamadas por efecto de los cuatro tipos de rastrojos, los niveles de nitrógeno utilizados y la interacción tipos de rastrojos-niveles de nitrógeno. Ver tabla 9.

Tabla 9. Análisis de varianza para la variable porcentaje de plantas acamadas (%plac) CNIA, Managua (1998)

Fuente de Variación	Gl	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	F _c	F _{5%}
Bloques	2	258.858	129.429	7.4883 *	5.14
Rastrojo (A)	3	19.622	6.541	0.3784 NS	4.76
Error (A)	6	103.706	17.284		
Nitrógeno (B)	2	13.666	6.833	0.1724 NS	3.63
Interacción (AB)	6	73.502	12.250	0.3091 NS	2.74
Error (B)	16	634.111	39.632		
Total	35	1103.465			

El ANDEVA realizado a los datos con un 95% de confianza, demuestra que el bloqueo no contribuye a mejorar la precisión de los datos obtenidos, porque no existe efecto significativo de bloque. Además los tipos de rastrojos y niveles de nitrógeno evaluados en la investigación e interacción tipos de rastrojos-niveles de nitrógeno, no ejercieron ningún efecto significativo sobre el número de plantas por metro cuadrado. Según Orozco (1996), dice que un manejo agronómica adecuado tiene un efecto favorable en el crecimiento del cultivo, estas condiciones en la planta de maíz favorecen el desarrollo de las yemas vegetativas y reproductivas asegurando un normal desarrollo de mazorca por unidad de área. Ver tabla 10.

Tabla 10. Análisis de varianza de la variable plantas por metro cuadrado (pl/m²) CNIA, Managua (1998)

Fuente de Variación	gl	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	F _c	F _{5%}
Bloques	2	0.006	0.003	0.0073 NS	5.14
Rastrojo (A)	3	1.434	0.478	1.1294 NS	4.76
Error (A)	6	2.540	0.423		
Nitrógeno (B)	2	2.474	1.237	2.0522 NS	3.63
Interacción (AB)	6	2.480	0.413	0.6858 NS	2.74
Error (B)	16	9.644	0.603		
Total	35	18.578			

Leyenda

gl: grado de libertad
F 5%: f tabulado

F_c: f calculado
NS: no significativo

Utilizando un 95% de nivel de confianza en el ANDEVA de la variable mazorcas por metro cuadrado, podemos afirmar que el bloqueo no contribuyó a mejorar la precisión del experimento, porque no existe efecto significativo de bloque. Que los tipos de rastrojo, niveles de nitrógeno e interacción tipos de rastrojos-niveles de nitrógeno, no ejercen influencia significativa real sobre el número de mazorcas por metro cuadrado. A causa de las altas precipitaciones presentadas durante la época que más necesitaba el cultivo se dio un lavado o lixiviado de los nutrientes del suelo hacia los horizontes más profundos del perfil del suelo quedando errático de nutrientes y minerales, llegando a la conclusión de que según el estado nutricional en que quedo el suelo, era conveniente hacer de nuevo el diseño y disminuir la densidad poblacional para satisfacer las necesidades de cultivos.

Ver tabla 11.

Tabla 11. Análisis de varianza para la variable mazorcas por metro cuadrado (maz/m²) CNIA, Managua (1998)

Fuente de Variación	gl	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	F _c	F _{5%}
Bloques	2	1.088	0.544	3.5936 NS	5.14
Rastrojo (A)	3	1.505	0.502	3.3134 NS	4.76
Error(A)	6	0.909	0.151		
Nitrógeno (B)	2	1.307	0.654	1.4102 NS	3.63
Interacción(AB)	6	3.597	0.600	1.2937 NS	2.74
Error(B)	16	7.415	0.463		
Total	35	15.822			

Leyenda

- gl: grado de libertad
- F_c: f calculado
- F 5%: f tabulado
- NS: no significativo
- *: significativo

La tabla 12 resume el análisis de varianza realizado a las variables evaluadas en 1998 y los respectivos coeficientes de variación, en el experimento tipos de residuos de rastrojos y niveles de nitrógeno. Durante esta evaluación no se incorporaron rastrojos, porque el trabajo consistió en evaluar el efecto residual de las incorporaciones realizadas en los años de 1996 y 1997.

De acuerdo a estos resultados, el factor tipos de rastrojo presentó significancia estadística, solamente en la variable mazorcas por planta. En cambio, el factor nivel de nitrógeno presentó en las variables peso de mazorca, porcentaje de mazorca podridas y rendimiento de grano. Así mismo la interacción rastrojo-niveles de nitrógeno estudiados en el experimento no ejercen ninguna significancia sobre las variables evaluadas. Las variables evaluadas en el experimento que tienen mayor variabilidad corresponden al porcentaje de mazorcas podridas (53.9%) y el porcentaje de plantas acamadas (50.59%), en cambio las variables plantas por metro cuadrado y peso de mazorca que presentan un coeficiente de variación correspondiente a 16.42 y 15.06% respectivamente presentan menor variabilidad. Demuestran que el bloqueo no contribuyó a mejorar la precisión de los datos obtenidos en la mayoría, no existe efecto significativo de bloque, solamente en el caso de la variable porcentaje de plantas acamadas; lo anterior indica que el bloqueo contribuyó a mejorar la precisión del experimento realizado.

Tabla 12. Resumen de los cuadrados medios de los análisis de varianza y sus respectivos coeficiente de variación realizado en el experimento tipos de residuos de rastrojos y niveles de nitrógeno en CNIA, Managua (1998)

Fuente de Variación	Pl/m ²	Maz/m ²	maz/pl	Pemaz	%mazpo	%plac	rdto
Bloques	0.003NS	0.544 NS	0.028NS	40.602NS	42.218NS	129.43 *	87074 NS
Rastrojo (A)	0.478NS	0.502 NS	0.043 *	4.125 NS	3.568 NS	6.54 NS	182463.4 NS
Nitrógeno(B)	1.237NS	0.654 NS	0.002NS	934.71*	81.544 *	6.833NS	452488.8 *
Interacción (AB)	0.413NS	0.600 NS	0.018NS	25.85 NS	23.32 NS	12.25NS	122104.5 NS
CV(%)	16.42	19.75	19.22	15.06	53.90	50.59	19.92

Clave:

Plantas por metro cuadrado (pl/m²)

Mazorcas por metro cuadrado (mz/m²)

Mazorcas por plantas (mz/pl)

Peso de mazorcas (pemz)

Porcentaje de mazorcas podridas (%mz/po)

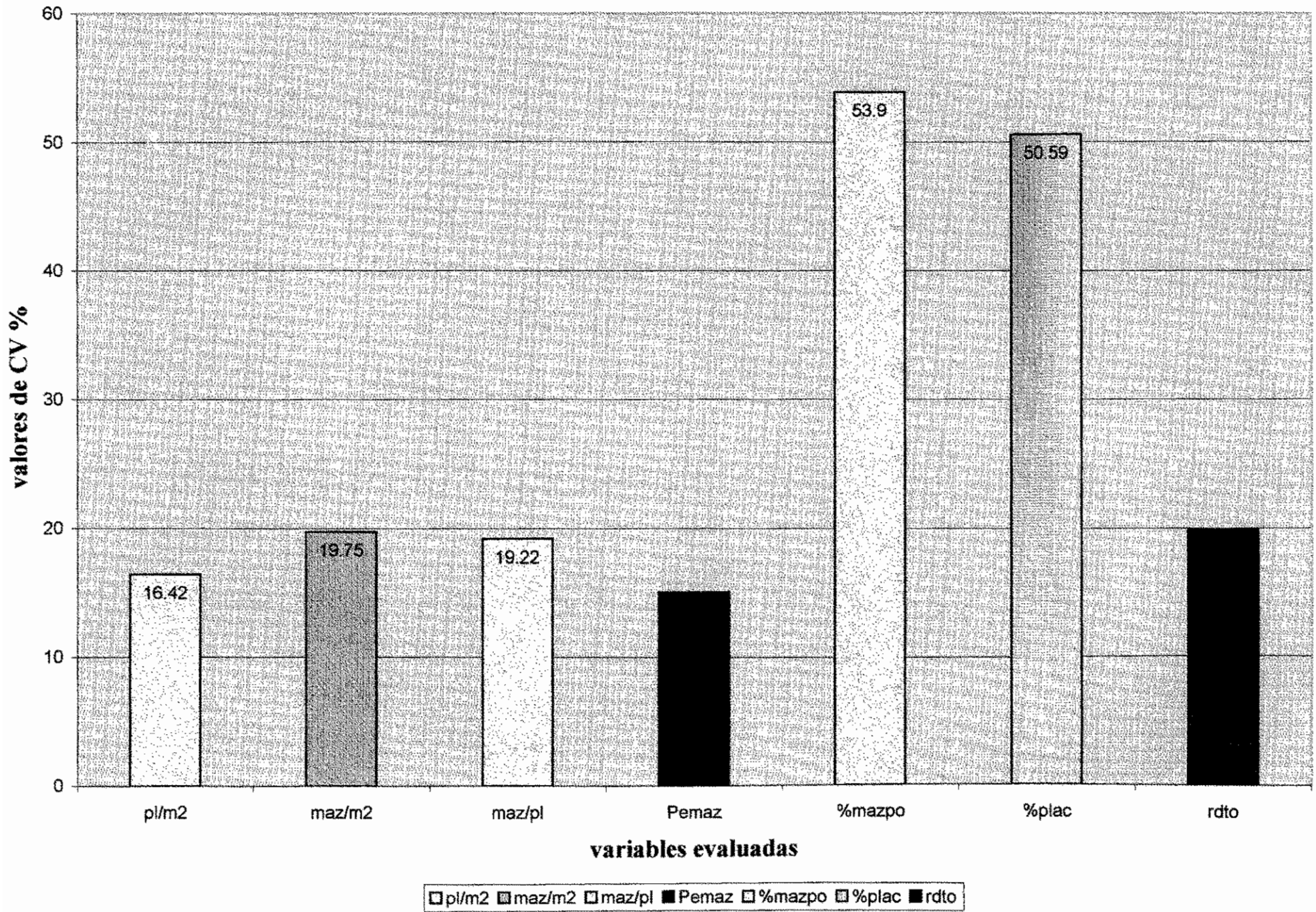
Porcentaje de plantas acamadas (%plac)

Rendimiento (rdto)

No Significativo (NS)

Significativo(*)

Gráfico de los cuadrados medios y coeficientes de varianza del experimento en CNIA 1998



4.3. Pruebas de Duncan para los factores estudiados en el experimento residuos de rastrojos y niveles de nitrógeno aplicados al cultivo de maíz. CNIA, (1998)

La prueba de rangos múltiples de Duncan realizada con un 95%, indica que el conjunto de factores comparados pueden separarse en 3 categorías estadísticas diferentes. El primer grupo tipos de rastrojo maíz+sorgo induce al mayor número de mazorcas por planta (0.816); en segundo lugar, los tipos de rastrojos: canavalia, M+S+C, con valores de 0.747 y 0.72 mazorcas por planta; siendo estos estadísticamente iguales entre sí, y en tercer lugar el rastrojo de monocultivo que conduce a obtener el menor número de mazorcas por planta (0.653). Ver tabla 13.

Tabla 13. Prueba de DUNCAN al 5% para el factor rastrojo (A), evaluado en la variable mazorcas por planta en CNIA (1998)

Categoría Estadística	Medias	Maíz+Sorgo 0.816 a ₂	Canavalia 0.747 a ₃	M+S+C 0.720 a ₄	Monocultivo 0.653 a ₁	Rp
A	0.816 kg/ha	0	0.069 NS	0.096 *	0.163 *	0.0859
AB	0.747kg/ha		0	0.027 NS	0.094 *	0.0845
AB	0.720 kg/ha			0	0.067 NS	0.0816
B	0.653 kg/ha				0	

La prueba de rangos múltiples de Duncan realizada con un 95% permite agrupar los niveles de nitrógeno evaluados en dos categorías estadísticas. En primer lugar las dosis de 75 (b₂) y 150 (b₃) kilogramos de nitrógeno, inducen a obtener un mayor porcentaje de mazorcas podridas (9.718 % y 9.993%) respectivamente. Un segundo grupo esta constituido por el nivel de nitrógeno correspondiente a 0 kilogramo, que induce a obtener un porcentaje de mazorcas podridas de 5.347. Ver tabla 14.

Tabla 14. Prueba de DUNCAN al 5% para el factor nivel de nitrógeno (B) evaluado en la variable porcentaje de mazorcas podridas en el experimento realizado en CNIA. (1998)

Categoría Estadística	Medias	150 kg de N 9.993 b ₃	75 kg de N 9.718 b ₂	0 kg de N 5.347 b ₁	Rp
A	9.993 kg de N	0	0.275 NS	4.96 *	4.078
A	9.718 kg de N		0	4.371 *	3.89
B	5.347 kg de N			0	

La prueba de rangos múltiples de Duncan realizada con un 5% indica que el conjunto de factores comparados pueden separarse en 2 categorías estadísticas diferentes. Las dosis de 150 y 75 kilogramos de nitrógeno inducen a obtener un peso de mazorcas de 55.096 y 52.394 kilogramos respectivamente. En segundo lugar, un grupo constituido por el nivel de 0 kilogramo de nitrógeno (b₁) que induce a obtener un peso de mazorcas de 38.635 kilogramos. El factor niveles de nitrógeno aplicados, es el único que ejerció influencia significativa en el incremento del peso de mazorcas, aumentando el porcentaje de proteínas en la semilla.

Según los resultados de la separación de medias de Duncan al 5%, los niveles aplicados de 150 y 75 kilogramos de nitrógeno fueron los que ejercieron mejor aporte en el peso de mazorca, en comparación con la no aplicación de nitrógeno (b₁), disminuyendo considerablemente hasta en un 40%, por lo que es de vital importancia aplicarlo adecuadamente en tiempo y forma. Ver tabla 15.

Tabla 15. Prueba de DUNCAN al 5% para el factor nivel de nitrógeno (B) evaluado en la variable peso de mazorcas en el experimento realizado en CNIA (1998)

Categoría Estadística	Medias	150 kg de N 55.096 b ₃	75 kg de N 52.394 b ₂	0 kg de N 38.635 b ₁	Rp
A	55.096 kg de N	0	2.702 NS	16.461 *	6.671
A	52.394 kg de N		0	13.759 *	6.354
B	38.635 kg de N			0	

La prueba de rangos múltiples de Duncan realizada con un 95%, permite agrupar las diferentes modalidades del factor B (0, 75 y 150) kilogramos de nitrógeno en 2 categorías estadísticas claramente diferenciadas a saber. En primer lugar las dosis de 150 y 75 kilogramos de nitrógeno (b_3 y b_2) presentan el mayor rendimiento de grano con 1770 kilogramos/ ha y 1768.1 kilogramos/ ha ; en segundo lugar, esta el grupo constituido por el nivel de 0 kilogramo de nitrógeno con un rendimiento de grano de 1432.6 kilogramos/ha, (siendo no significativa la diferencia)

Este factor ejerció influencia significativa de manera directa sobre el rendimiento del grano, por la aplicación adecuada de nitrógeno desde el momento de la siembra hasta después de la aparición de la espiga, por lo que representa un factor indispensable en la calidad de producción de la cosecha.

El análisis de los resultados del rendimiento de grano obtenidos en la separación de medias con las aplicaciones de 150 y 75 kilogramos de nitrógeno fueron mayores en comparación con la no aplicación de nitrógeno. **Ver tabla 16**

Tabla 16. Prueba de DUNCAN al 5% para el factor nivel de nitrógeno (B) evaluado en la variable rendimiento de grano en el experimento realizado en CNIA (1998)

Categoría Estadística	Medias	150 kg de N 1770.00 b_3	75 kg de N 1768.10 b_2	0 kg de N 1432.60 b_1	Rp
A	1770.00 kg de N	0	1.90 NS	337.39 *	300.09
A	1768.10 kg de N		0	335.49 *	285.801
B	1432.60 kg de N			0	

En la sección anexo se presentan las tablas de las pruebas de DUNCAN al 95% realizadas a las variables evaluadas, que de acuerdo al ANDEVA no presentaron significancia estadísticas en los factores estudiados en el experimento de evaluación tipos de residuos de rastrojos y niveles de nitrógeno.

4.4. Prueba de Duncan para los tratamientos factoriales

En la sección anexo se presentan las tablas que corresponden a la prueba de Duncan realizada al 95% a los tratamientos factoriales de las variables peso de mazorca, rendimiento de grano, porcentaje de mazorcas podridas y mazorcas por planta; que de acuerdo al ANDEVA son las que presentan significancia estadística.

Prueba de Duncan para los tratamientos factoriales de la variable peso de mazorcas para el factor niveles de nitrógeno (B) .

La prueba de Duncan permite separar los tratamientos factoriales en 5 grupos diferentes, en primer lugar las combinaciones a_1b_3 , a_2b_3 , a_4b_3 , a_3b_2 inducen al mayor peso de mazorca con 56.34, 55.78, 55.56 y 54.75 kilogramos/ha. En segundo lugar, las combinaciones a_4b_2 , a_3b_3 y a_1b_2 inducen a un peso de mazorca de 52.92, 52.69 y 52.28 kilogramos/ha. Un tercer grupo lo forma la combinación a_2b_2 , con un peso de mazorca de 49.61 kilogramos/ha. Un cuarto grupo constituido por las combinaciones a_2b_1 , a_3b_1 , a_1b_1 con diferencias no significativas entre sí, con un rango de peso de mazorca entre 42.68 kg /ha y 37.09 kilogramos/ha. Un quinto grupo corresponde al menor peso de mazorca y esta constituido por la combinación a_4b_1 , con un peso de mazorca correspondiente a 34.96 kilogramos/ha.

Ver Sección Anexos Tabla 16. Pag. 52.

Prueba de Duncan para los tratamientos factoriales de la variable rendimiento del grano para el factor niveles de nitrógeno (B) .

La prueba de Duncan permite separar los tratamientos factoriales en 4 grupos estadísticos diferentes, en primer lugar las combinaciones a_1b_2 , a_3b_3 , a_2b_2 , a_4b_3 , a_2b_3 inducen al mayor rendimiento de grano con 1930.12, 1916.5, 1888.4, 1875.7 y 1856.4 kilogramos/ha. En segundo lugar las combinaciones a_3b_2 , a_3b_1 , a_2b_1 , a_4b_2 y a_1b_3 con diferencias no

significativas entre sí, con un rango de rendimiento de grano entre 1824.10 y 1417.9 kilogramos/ha. Un tercer grupo lo conforma la combinación a_4b_1 , con un rendimiento de 1376.2 kilogramos. Un cuarto grupo al que corresponde el menor rendimiento es el constituido por la combinación a_1b_1 , con un rendimiento de 1187.40 kilogramos/ha.

Ver sección Anexos Tabla 17. Pag. 53.

Prueba de Duncan para los tratamientos factoriales de la variable porcentaje de mazorcas Podridas para el factor niveles de nitrógeno (B) .

La prueba de Duncan permite separar los tratamientos factoriales en 5 grupos diferentes, en primer lugar la combinación a_2b_2 correspondiente al mayor porcentaje de mazorcas podridas (13.1%). En segundo lugar las combinaciones a_1b_2 y a_3b_3 inducen a obtener un porcentaje de mazorcas podridas de 12.14 % y 12.13 % respectivamente. Un tercer grupo lo forman las combinaciones a_1b_3 , a_4b_3 , a_2b_3 y a_3b_2 , con un porcentaje de mazorcas podridas entre 10.78 % y 7.25 %. Un cuarto grupo al que corresponden las combinaciones a_4b_1 , a_4b_2 y a_3b_1 con diferencias no significativas entre sí, con un rango de 6.93 % a 5.90 %. Un quinto grupo le corresponde al menor porcentaje de mazorca podridas y esta constituido por las combinaciones a_2b_1 y a_1b_1 con un porcentaje correspondiente a 4.51 % y 4.04 % respectivamente.

Ver Sección Anexos Tabla 18. Pag. 54.

Prueba de Duncan para los tratamientos factoriales de la variable mazorcas por plantas para el factor residuos de rastrojos (A) .

La prueba de Duncan permite separar los tratamientos factoriales en 3 grupos distintos, en primer lugar las combinaciones a_2b_2 , a_3b_3 , a_2b_1 , y a_4b_2 inducen a obtener el mayor número de mazorcas por plantas con valores correspondientes a 0.88, 0.84, 0.82 y 0.78 mazorcas

por planta respectivamente. En segundo lugar las combinaciones a_4b_3 , a_2b_3 y a_3b_1 inducen a un número de mazorca por plantas de 0.76, 0.75 y 0.71. Un tercer grupo está conformado por las combinaciones a_3b_2 , a_1b_2 , a_1b_1 , a_1b_3 y a_4b_2 , con diferencias no significativas entre sí, con un rango de 0.69 y 0.62 mazorcas por planta.

Ver Sección Anexos Tabla 19. Pag. 55.

V. CONCLUSIONES

Se observaron respuestas a las aplicaciones de niveles de nitrógeno para las variables rendimiento, peso de mazorca y porcentaje de mazorcas podridas por efecto directo de las precipitaciones y bajas temperaturas, así como la humedad relativa que se presentaron en esta época.

En el caso de respuesta al efecto tipos de rastrojos, solamente la variable mazorcas por plantas mostró efecto significativo, notándose respuesta residual de parte de los rastrojos incorporados, aportando nutrientes, minerales, carbono y otros para el normal desarrollo del cultivo.

Bajo las condiciones ambientales de la zona en la que se realizó el experimento y con el sistema de labranza mínima), la aplicación de la dosis de 150 kilogramos de nitrógeno por hectárea presentó mejores resultados, en segundo lugar se encuentra la dosis de 75 kilogramos de nitrógeno por hectárea.

Los rendimientos promedios obtenidos con la aplicación de 0, 75 y 150 kilogramos de nitrógeno por hectárea en el experimento fueron de 1432.60, 1768.10, 1769.7 kilogramos por hectárea respectivamente, lo que podemos asegurar que resulta mejor aplicar el nivel de 75 kilogramos de nitrógeno por razones económicas, de trabajo y ecológicas.

Los rendimientos promedios obtenidos para los residuos de rastrojos fueron para el maíz más sorgo de 1782.20 kilogramos por hectárea, canavalia 1775.91 kilogramos por hectárea, maíz sorgo y

canavalia 1557.34 kilogramos por hectárea y por último el rastrojo de maíz 1511.84 kilogramos por hectárea.

El efecto residual de la leguminosa canavalia y las gramíneas maíz + sorgo ejercen gran influencia en el aumento del rendimiento, siempre que se aplique fertilizante comercial nitrogenado para mejorar el estado nutricional del suelo y hacerlos disponibles para la planta.

VI. RECOMENDACIONES

Es de vital importancia realizar este tipo de ensayos en otras regiones del país, para estudiar más detenidamente el comportamiento de las interacciones de rastrojos y nitrógeno. Es importante conocer más sobre el proceso de descomposición de rastrojos y la incorporación de nutrientes al sistema suelo y planta bajo diferentes condiciones edafoclimáticas, para obtener datos de mayor precisión.

Utilizar regularmente los residuos de leguminosas como la canavalia en otros ensayos, porque de acuerdo a los resultados obtenidos, este tipo de rastrojo presentó buen comportamiento y aporte de nitrógeno orgánico por el efecto de simbiosis que se da en las raíces de ésta mejorando el resultado con la fertilización comercial en pequeñas cantidades y labranza mínima.

El rastrojo compuesto por maíz mas sorgo es muy útil en el aporte de nutrientes orgánicos, ya que presentó buenos resultados; en combinación con nitrógeno comercial, pero por factores económicos, trabajo, tiempo de descomposición, cantidad de materiales requeridos, transporte y picado, es preferible utilizar rastrojos de leguminosas como la canavalia.

La aplicación de la dosis de 75 kilogramos de nitrógeno por hectárea, desde el punto de vista económico y ecológico es la más adecuada para obtener rendimientos similares, en comparación con la aplicación de 150 kilogramos de nitrógeno por hectárea. Acompañado de un adecuado manejo agronómico para tener efecto favorable en el normal desarrollo del cultivo

La labranza mínima, el uso de abonos orgánicos y niveles de fertilizantes comerciales adecuados a la necesidad de los cultivos y al suelo ayudan a mejorar la productividad de los suelos destinados a cultivos de importancia socioeconómica, contribuyendo de esta manera a una agricultura ecológicamente sana y en armonía con el medio ambiente.

Nunca utilizar combinaciones de rastrojos de leguminosas (canavalia) y gramíneas (maíz, sorgo) ya que esta última causa una inhibición al aporte de nutrientes de la primera por efectos del tiempo de descomposición y el aporte de elementos nutritivos al suelo y planta por la composición de sus tejidos vegetales.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

ARZOLA, N & MACHADO, J. Suelo, planta y abonado. Editorial pueblo. La Habana, Cuba. Pag. 62-85, 112-122

A.F.E & T. NIBE. 1989. Experimentación sobre labranza cero en maíz en le región de Veracruz, en labranza de conservación en Maíz. México, CIMMYT. Pag 155.

BARRETO, H. BOLAÑOS, J. CALDERON, F. & SOSA, H. 1997. Síntesis de resultados experimentales 1993-1995 del Programa Regional del Maíz (PRM) Centro Internacional de Mejoramiento del Maíz y Trigo (CIMMYT) Guatemala. Pag 119-220.

BARRETO, H. J.1989. Cambios en propiedades químicas, patrones de fertilización y enclamiento de suelos bajo labranza cero. Documento de trabajo del CIMMYT. El Batán, México. Pag. 43-70.

BARRETO, H. 1994. Evaluación y utilización de diferentes mantillos y cultivos de cobertura en la producción de maíz en Centro América. CATIE, Universidad de Cornell. Nueva York. Pag 167-177.

BINDER, U. 1997. Manual de Leguminosas de Nicaragua. Tomo I. Primera Edición. Estelí, Nicaragua. Pag 15-45.

- CADENA, P.** 1995. Del azadón a la labranza de conservación: la adopción de la labranza de conservación en Chiapas, Montecillos, México. Colegio de Postgraduados.
- CALDERÓN, F., H. SOSA, V, MENDOZA & H. BARRETO.** 1991. Adopción y difusión de la labranza de conservación en el Salvador: Aspectos institucionales y reflexiones técnicas. CIAT-CATIE-IICA-CIMMYT. Agricultura Sostenible en Laderas de Centro América, Oportunidades de Colaboración Interinstitucional. San José, Costa Rica.
- COLEGIO DE POSTGRADUADOS DE CHAPINGO.** 1991. Manual de Conservación de Suelos y Agua. Chapingo, México. Tercera Edición. Pag. 10.
- CUADRA, R. M.** 1990. Respuesta de los suelos a la aplicación de fertilizantes en el cultivo del maíz. Trabajo de Tesis de Maestría. Universidad de Agricultura de Suecia. Pag. 661.
- CUBERO, D.** 1994. Manual de conservación de suelos y agua. San José, Costa Rica. Pag. 148.
- FOTH, HENRY D.** 1992. Fundamentos de la ciencia del suelo. Editorial Continental. 5ta Edición. México, D.F. Pag. 196-308, 339-346.
- GORDÓN, R., J. FRANCO, L. MARTÍNEZ, & A. GONZÁLEZ.** 1994. Respuesta del maíz a la aplicación de diferentes dosis de nitrógeno en rotación con canavalia y mucuna, bajo dos tipos de labranza. 1993-1994. Río Hato, Panamá. Vol.4. Pag. 106-110.
- GORDÓN R.** 1992. Evaluación de la respuesta física y económica del nitrógeno, fósforo y potasio en el cultivo de maíz en la región de Azuero, Panamá, 1991. Síntesis de los resultados experimentales del Programa de Maíz de Panamá. Pag. 135 - 141.
- IICA, PASOLAC, CIMMYT & PROFRIJOL.** 1999. La adopción de tecnologías, la perspectiva del agricultor y sus implicaciones para la elaboración de políticas. Memoria. Editor Gustavo Sain. San José, Costa Rica. Pag. 185-209, 239-271.
- MORALES, J.** 1992. Tesis de Conservación de Suelos y Aguas. Universidad Nacional Agraria, Managua. Nicaragua. Tomo II. 180 Pag.
- PASOLAC (Programa para la Agricultura Sostenible en Laderas de América Central).** 1997. Guía Técnica para la Conservación de Suelos y Agua. Managua, Nicaragua. Pag. 252.

- PEDROZA, H.** 1991. Influencia del tamaño y forma de la parcela experimental y el número de repeticiones sobre la precisión de los datos experimentales en el cultivo del maíz en las condiciones de Nicaragua. Tesis profesional para optar al grado de Doctor en Ciencias Agrícolas. Academia de Ciencias de Bulgaria. Cofia Pag. 192.
- PEDROZA, H.** 1993. Fundamentos de Experimentación Agrícola. Managua, Nicaragua. Editorial de Arte. Pag. 62-72, 82-96.
- SANTANA, R.** 1985. Manual de Conservación de Suelos y Agua a nivel de finca, Secretaría de Estado de Agricultura. Santo Domingo, República Dominicana.
- SECRETARIA DE RECURSOS NATURALES.** 1994. Manual Práctico de Manejo de Suelos en Laderas. Proyecto mejoramiento del uso y productividad de la tierra, (LUPE). Pag. 167.
- SOMARRIBA, C.** 1997. Texto de Granos Básicos. Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua.
- SOSA, H. & J. BOLAÑOS.** 1993. Respuesta diferencial del maíz a la labranza de conservación a distintas dosis de nitrógeno. Síntesis de los resultados experimentales del PRM. Vol. 4. Guatemala. Pag. 119-123.
- SOSA, H.** 1992. Efecto de la cantidad de mantillo en el rendimiento de los sistemas maíz frijol y maíz-sorgo, bajo labranza cero en El Salvador, 1991. Síntesis de los resultados experimentales del PRM. Guatemala. Vol 3. Pag 105 - 114.
- SOSA, H. & J. BOLAÑOS.** 1993. Respuesta del maíz-maicillo y maíz-frijol, a distintas dosis de nitrógeno. Síntesis de los resultados experimentales del PRM, 1992. Guatemala. Vol. Pag 114 - 118.
- TRIPP, R & H. BARRETO.** 1993. Estimación aproximada de la cantidad de rastrojo de maíz sobre el suelo. Material de capacitación inédito. CIMMYT. México.
- ZE, J. L.** 1995. Efecto de las dosis de rastrojo y nitrógeno sobre el rendimiento del maíz en las localidades de Guatemala. Informe de resultados 1994, PRM. Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas. Guatemala. Pag 110 - 115.

ANEXOS

6.4.1. Rendimientos promedios obtenidos durante los tres años en que se realizó el experimento

En tabla que se presenta a continuación se resumen los valores de rendimientos promedios obtenido durante los tres años en que se realizó el experimento (1996-1998)

Tabla 21. Rendimientos promedios (kilogramos/ha) obtenidos durante los 3 años 1996 a 1998 en el experimento tipos de rastrojos y niveles de nitrógeno aplicados al cultivo de maíz, realizados en el CNIA, Managua.

Tipo de rastrojo	kg N/ha	Años			Promedio
		1996	1997	1998 Sin incorporación de rastrojo	
Sin Rastrojo (Testigo)	0	1820.94	843.61	1187.40	1284.00
	75	2204.49	2067.70	1930.12	2067.43
	150	2573.05	3507.32	1418.00	2499.45
Maíz+Sorgo	0	1579.95	857.86	1554.33	1330.71
	75	2810.77	1921.54	1875.76	2202.70
	150	3031.85	2849.93	1916.52	2599.43
Canavalia	0	1975.26	1470.06	1612.47	1685.93
	75	2778.18	2480.55	1827.14	2361.95
	150	3707.16	3403.70	1888.13	3000.00
Maíz+Sorgo+Canavalia	0	1450.85	968.90	1376.21	1265.32
	75	2473.57	2329.05	1439.37	2080.66
	150	3408.63	3081.10	1856.44	2782.06
Promedio	0	1706.75	1035.10	1432.60	1391.48
	75	2566.75	2200.00	1768.10	2178.28
	150	3180.17	3210.51	1770.00	2720.22

De acuerdo a la tabla presentada anteriormente podemos concluir que al comparar los rendimientos de los tres años por efecto de los tipos de rastrojos y niveles de nitrógeno estudiados, se observa que los tratamientos en los que se incorporo canavalia presentan mayores valores de rendimientos, principalmente cuando se aplicó 75 y 150 kilogramos de nitrógeno por hectárea. Al realizar un promedio de rendimiento durante los tres años que duro el ensayo se observa que no hay mucha diferencia en aplicar 75 ó 150 kilogramos de nitrógeno por hectárea, pero por razones económicas y ecológicas se recomienda la dosis de 75 kilogramos de nitrógeno.

Tabla 22. Prueba de DUNCAN al 5% para el factor (A) evaluado en la variable plantas por metro cuadrado en el experimento realizado en 1998

Categoría Estadística	Medias	Canavalia 4.953 a ₃	Monocultivo 4.861 a ₁	M+S+C 4.65 a ₃	M+S 4.435 a ₂	Rp
A	4.953	0	0.092 NS	0.303 NS	0.518 NS	0.788
A	4.861		0	0.211 NS	0.426 NS	0.775
A	4.65			0	0.215 NS	0.747
A	4.435				0	

Tabla 23. Prueba de DUNCAN al 5% para el factor (A) evaluado en la variable mazorcas por metro cuadrado en el experimento realizado en 1998

Categoría Estadística	Medias	Canavalia 3.657 a ₃	M+S 3.620 a ₂	M+S+C 3.352 a ₄	Monocultivo 3.158 a ₁	Rp
A	3.657	0	0.037 NS	0.305 NS	0.499 *	0.470
A	3.620		0	0.268 NS	0.194 NS	0.463
A	3.352			0	0.194 NS	0.446
A	3.158				0	

Tabla 24. Prueba de DUNCAN al 5% para el factor (A) evaluado en la variable peso de mazorcas en el experimento realizado en 1998

Categoría Estadística	Medias	M+S 49.335 a ₂	Canavalia 49.087 a ₃	Monocultivo 48.574 a ₁	M+S+C 47.820 a ₄	Rp
A	49.355	0	0.268 NS	0.781 NS	1.535 NS	11.044
A	49.087		0	0.513 NS	1.267 NS	10.863
A	48.574			0	0.754 NS	10.469
A	47.820				0	

Tabla 25. Prueba de DUNCAN al 5% para el factor (A) evaluado en la variable porcentaje de mazorcas podridas en el experimento realizado en 1998

Categoría Estadística	Medias	Monocultivo 8.98 a ₁	M+S 8.50 a ₂	Canavalia 8.42 a ₃	M+S+C 7.48 a ₄	Rp
A	8.98	0	0.48 NS	0.56 NS	1.5 NS	5.310
A	8.50		0	0.08 NS	1.02 NS	5.223
A	8.42			0	0.94 NS	5.034
A	7.48				0	

Tabla 26. Prueba de DUNCAN al 5% para el factor (A) evaluado en la variable rendimiento en el experimento realizado en 1998

Categoría Estadística	Medias	M+S 1782.204 a ₂	Canavalia 1775.91 a ₃	M+S+C 1557.34 a ₄	Monocultivo 1511.83 a ₁	Rp
A	1782.204	0	6.294 NS	224.86 NS	270.37 NS	450.695
A	1775.91		0	218.57 NS	261.08 NS	443.286
A	1557.34			0	45.51 NS	427.233
A	1511.83				0	

Tabla 27. Prueba de DUNCAN al 5% para el factor (B) evaluado en la variable plantas por metro cuadrado en el experimento realizado en 1998

Categoría Estadística	Medias	0 kg de N 5.027 b ₁	75 kg de N 4.764 b ₂	150 kg de N 4.38 b ₂	Rp
A	5.027	0	0.263 NS	0.647 NS	0.705
A	4.764		0	0.384 NS	0.672
A	4.38			0	

Tabla 28. Prueba de DUNCAN al 5% para el factor (B) evaluado en la variable porcentaje de plantas acamadas en el experimento realizado en 1998

Categoría Estadística	Medias	0 kg de N 13.249 b ₁	75 kg de N 12.334 b ₂	150 kg de N 11.7582 b ₃	Rp
A	13.249	0	0.915 NS	1.497 NS	5.723
A	12.334		0	0.582 NS	5.451
A	11.752			0	

Tabla 29. Prueba de DUNCAN al 5% para el factor (B) evaluado en la variable mazorcas por metro cuadrado en el experimento realizado en 1998

Categoría Estadística	Medias	0 kg de N 3.702 b ₁	75 kg de N 3.396 b ₂	150 kg de N 3.243 b ₃	Rp
A	3.702	0	0.306NS	0.459NS	0.617
A	3.396		0	0.133NS	0.588
A	3.243			0	

Tabla 30. Prueba de DUNCAN al 5% para el factor (B) evaluado en la variable mazorcas por plantas en el experimento realizado en 1998

Categoría Estadística	Medias	150 kg de N 0.743 b_3	0 kg de N 0.740 b_2	75 kg de N 0.72 b_2	Rp
A	0.743	0	0.003 NS	0.023 NS	0.129
A	0.740		0	0.02 NS	0.123
A	0.72			0	

Tabla 16. Prueba de DUNCAN al 5% de los tratamientos factoriales para la variable peso de mazorca en el experimento realizado en CNIA, (1998)

Categoría Estadística	Medias	a ₁ b ₃ 56.34	a ₂ b ₃ 55.78	a ₁ b ₂ 55.56	a ₃ b ₂ 54.75	a ₄ b ₂ 52.92	a ₃ b ₁ 52.69	a ₁ b ₁ 52.28	a ₂ b ₁ 49.61	a ₂ b ₁ 42.68	a ₃ b ₁ 39.81	a ₁ b ₁ 37.09	a ₄ b ₁ 34.96	Rp 5%
A	56.34	0	0.56 NS	0.78NS	1.59NS	3.42NS	3.65NS	4.06NS	6.73NS	13.66NS	16.53*	19.25*	21.38*	14.66
A	55.78		0	0.22NS	1.03NS	2.86NS	3.09NS	3.5NS	6.17NS	13.10NS	15.97*	18.69*	20.82*	14.61
A	55.56			0	0.81NS	2.64NS	2.87NS	3.28NS	5.95NS	12.88NS	15.75*	18.47*	20.60*	14.57
A	54.75				0	1.83NS	2.06NS	2.47NS	5.14NS	12.07NS	14.94*	17.76*	19.74*	14.48
AB	52.92					0	0.23NS	0.64NS	3.31NS	10.24NS	13.11NS	15.83*	17.96*	14.40
AB	52.69						0	0.41NS	3.08NS	10.01NS	12.88NS	15.60*	17.73*	14.32
AB	52.28							0	2.67NS	9.6 NS	12.47NS	15.19*	17.32*	14.14
BC	49.61								0	6.93NS	9.8NS	15.52NS	14.65*	13.98
CD	42.68									0	2.87NS	5.59NS	7.72NS	13.72
CD	39.81										0	2.72NS	4.85NS	13.30
CD	37.09											0	2.13NS	12.70
D	34.96												0	

Tabla 17. Prueba de DUNCAN al 5% de los tratamientos factoriales para la variable rendimiento de grano en el experimento realizado en CNIA (1998)

Categoría Estadística	Medias	a ₁ b ₁ 1930.1	a ₂ b ₁ 1916.5	a ₃ b ₁ 1888.4	a ₂ b ₂ 1875.7	a ₁ b ₂ 1856.4	a ₃ b ₂ 1827.1	a ₃ b ₁ 1612.5	a ₂ b ₁ 1554.3	a ₄ b ₁ 1439.4	a ₁ b ₃ 1417.9	a ₃ b ₃ 1376.2	a ₁ b ₄ 1187.4	Rp 5%
A	1930.12	0	13.6NS	41.67NS	54.36NS	73.68NS	102.7NS	317.6NS	375.8NS	490.8NS	512.1NS	554NS	742.17*	659.23
A	1916.5		0	28.08NS	40.76NS	60.08NS	89.38NS	304.1NS	362.2NS	477.2NS	498.5NS	540 NS	792.12*	657.3
A	1888.4			0	12.68NS	32.00NS	61.3NS	275.9NS	334.1NS	449.1NS	470.5NS	512NS	701.4*	655.4
A	1875.6				0	19.32NS	48.62NS	263.3NS	321.4NS	436.4NS	457.7NS	499.5NS	688.36*	651.6
A	1856.4					0	29.3NS	243.9NS	302.1NS	417.1NS	438.5NS	480NS	669.04*	647.8
B	1827.10						0	214.7NS	272.8NS	387.7NS	409.2NS	451NS	369.7NS	643.9
B	1612.5							0	58.14NS	173.1NS	194.5NS	236NS	425.1NS	636.4
B	1554.3								0	114.9NS	136.3NS	178.1NS	366.9NS	629.00
B	1439.4									0	21.38NS	63.2NS	251.9NS	617.3
B	1417.9										0	41.7NS	230.6NS	598.30
C	1376.2											0	188.8NS	571.59
D	1187.4												0	

Tabla 18. Prueba de DUNCAN al 5% de los tratamientos factoriales para la variable porcentaje de mazorcas podridas en el experimento realizado en CNIA (1998)

Categoría Estadística	Medias	a ₂ b ₂ 13.10	a ₁ b ₂ 12.14	a ₃ b ₃ 12.13	a ₁ b ₃ 10.78	a ₄ b ₃ 9.16	A ₂ b ₃ 7.89	a ₃ b ₂ 7.25	a ₄ b ₁ 6.93	a ₄ b ₂ 6.36	a ₃ b ₁ 5.90	a ₂ b ₁ 4.51	a ₁ b ₁ 4.04	Rp 5%
A	13.10	0	0.96NS	0.98NS	2.32NS	3.94NS	5.21NS	5.85NS	6.17NS	6.74NS	7.20NS	8.59NS	9.06*	8.99
AB	12.14		0	0.02NS	1.36NS	2.98NS	4.25NS	4.89NS	5.21NS	5.78NS	6.24NS	7.63NS	8.10NS	8.97
AB	12.13			0	1.34NS	2.96NS	4.23NS	4.87NS	5.19NS	5.76NS	6.22NS	7.61NS	8.08NS	8.94
B	10.78				0	1.62NS	2.89NS	3.53NS	3.85NS	4.42NS	4.88NS	6.27NS	6.74NS	8.89
B	9.16					0	1.27NS	1.91NS	2.23NS	2.80NS	3.26NS	4.65NS	5.12NS	8.84
B	7.89						0	0.64NS	0.96NS	1.53NS	1.99NS	3.38NS	3.85NS	8.79
B	7.25							0	0.32NS	0.89NS	1.35NS	2.74NS	3.21NS	8.68
C	6.93								0	0.57NS	1.03NS	2.42NS	2.89NS	8.58
C	6.36									0	0.46NS	1.85NS	2.32NS	8.43
C	5.90										0	1.39NS	1.86NS	8.16
D	4.51											0	0.47NS	7.79
D	4.04												0	

Tabla 19. Prueba de DUNCAN al 5% de los tratamientos factoriales para la variable mazorcas por plantas en el experimento realizado en CNIA (1998)

Categoría Estadística	Medias	a ₂ b ₂ 0.88	a ₃ b ₃ 0.84	a ₁ b ₁ 0.83	a ₄ b ₂ 0.78	a ₄ b ₃ 0.76	a ₂ b ₃ 0.75	a ₃ b ₁ 0.71	a ₃ b ₂ 0.69	a ₁ b ₂ 0.69	a ₁ b ₃ 0.65	a ₁ b ₂ 0.62	a ₄ b ₃ 0.62	Rp 5%
A	0.88	0	0.04NS	0.06 NS	0.10 NS	0.12 NS	0.13 NS	0.17 NS	0.19 NS	0.19 NS	0.23 NS	0.26 NS	0.26 NS	0.284
A	0.84		0	0.02 NS	0.06 NS	0.08 NS	0.09 NS	0.13 NS	0.15 NS	0.15 NS	0.19 NS	0.22 NS	0.22 NS	0.283
A	0.82			0	0.04 NS	0.06 NS	0.07 NS	0.11 NS	0.13 NS	0.13 NS	0.17 NS	0.20 NS	0.20 NS	0.282
A	0.78				0	0.02 NS	0.03 NS	0.07 NS	0.09 NS	0.09 NS	0.13 NS	0.17 NS	0.20 NS	0.280
AB	0.76					0	0.01 NS	0.05 NS	0.07 NS	0.07 NS	0.11 NS	0.14 NS	0.14 NS	0.278
AB	0.75						0	0.04 NS	0.06 NS	0.06 NS	0.10 NS	0.13 NS	0.13 NS	0.277
AB	0.71							0	0.02 NS	0.02 NS	0.06 NS	0.09 NS	0.09 NS	0.274
B	0.69								0	0	0.04 NS	0.07 NS	0.07 NS	0.271
B	0.69									0	0.04 NS	0.07 NS	0.07 NS	0.265
B	0.65										0	0.07 NS	0.07 NS	0.257
B	0.62											0	0.03 NS	0.246
B	0.62												0	