

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA**

**FACULTAD DE AGRONOMIA**

**DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN VEGETAL**

**TRABAJO DE DIPLOMA**



**EFFECTO DEL AGRO SISTEMA SOBRE EL RENDIMIENTO DE LOS CULTIVOS Y  
LAS PROPIEDADES QUÍMICAS DEL SUELO, EN LA COMUNIDAD,  
PACORA, SAN FRANCISCO LIBRE, MANAGUA, NICARAGUA, 2003**

**AUTORES:**

*BR. SANTIAGO DE JESÚS BENAVIDES FUENTES*

*BR. MARVIN VLADIMIR CENTENO ALTAMIRANO*

**ASESOR:**

ING. MSc. LEONARDO GARCIA CENTENO

MANAGUA, NICARAGUA. MAYO, 2006.

## **Dedicatoria**

El presente trabajo lo dedico a **Dios** todo poderoso, por ser la luz que me dio fortaleza, esperanza y sabiduría; guiando siempre por el camino correcto sin dejarme tropezar en los obstáculos que se presentaron a lo largo de mi carrera los cuales han contribuido de una u otra forma en mi formación humana y profesional..

A mi madre **Victoria Fuentes de Benavides**, por ser madre y padre, proporcionándome sus consejos, apoyo incondicional y ser la infalible fortaleza para coronar mi carrera.

Con gran gratitud a mi padre **Santiago Benavides A**, (qepd), por custodiarme desde lo alto.

A mis hermanos: **Francisca, Julio, Milagro** y **José** en especial a **Ángela**, ya que sin su apoyo no hubiese logrado este peldaño en mi vida.

A mi abuelita **Paula Aráuz** por regalarme sus consejos y mostrarme su apoyo.

A todos mis **tíos** por darme su apoyo incondicional.

A mis **amigos** en especial a aquellos que hicieron posible la elaboración de este documento.

*Santiago de Jesús Benavides Fuentes.*

## **Dedicatoria**

A **Dios** sobre todas las cosas, porque gracias a su incomprensible amor me creó a su imagen y semejanza.

A mis padres: **Sandra Elena Altamirano** y **Gerardo Centeno O.** por su gran amor, consejos y su apoyo incondicional en cada uno de los objetivos y metas que me he propuesto.

A mis hermanos: **Karla** y **Jarvi** por estar siempre pendiente de mi formación profesional.

A mis abuelos: **Teresa Orozco**, **Juana Altamirano** y **Magdaleno Centeno** por sus efectivos consejos.

A mis tíos: **Julio, Carlos; Luisa, Pabla, Francisco** y en especial a mi tía **Magdalena Centeno** por sus consejos y haberme brindado alimentación y un techo donde vivir en todo el transcurso de mi carrera.

A mis amigos: **Jenny Rayo, Martha Vallez, Adriana Tinoco, Martha Tinoco, Ana Jarquín, Shagy Benavides F, Erick Moreno, Lenin Lumbí** y muy en especial a **Isaac Fonseca Murillo** (qepd) excompañero universitario que por su lamentable partida no tuvo la oportunidad de culminar sus estudios.

*Marvin Centeno Altamirano*

## **Agradecimientos**

A **Dios** por habernos regalado la vida y por mostrarnos siempre el propósito de nuestra existencia.

Nuestro especial agradecimiento al Ing. MSc. **Leonardo García Centeno** por habernos brindado su apoyo y asesoramiento.

A la **Universidad Nacional Agraria** por ser el alma mater que nos dió la oportunidad de formados como profesionales.

Al proyecto **FUNICA/PACORA** por financiarnos el presente trabajo.

Al personal del CENIDA por su amabilidad y buen servicio, en especial **Katy Sánchez, Reyna Flores y Gabriel López.**

A los productores de la comunidad Pacora en especial a, **Aurelio López** por habernos permitido realizar la presente investigación de campo en su finca.

*Santiago de Jesús Benavides Fuentes  
Marvin Centeno Altamirano*

## RESUMEN

El presente trabajo se realizó en la finca del señor Aurelio López, ubicada en la comunidad de Pacora del municipio de San Francisco Libre, Managua, durante la época de postrera (Agosto a Diciembre del 2003), con el propósito de determinar el efecto de dos sistemas de manejo sobre el rendimiento de los cultivos y las propiedades químicas del suelo. El diseño utilizado fue en bloques completos al azar (BCA) con dos tratamientos (sorgo como monocultivo y sorgo asociado con maíz) y tres repeticiones, la variedad de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) evaluado fue tortillero precoz y en el maíz (*Zea mays* L.) la variedad NB-S. Los resultados provenientes del análisis estadísticos en las variables de crecimiento (altura de la planta, diámetro del tallo y número de hojas), nitrógeno en grano y nitrógeno en biomasa no presentaron diferencias significativas; pero las variables rendimiento del grano y biomasa seca producida mostraron diferencias significativas siendo el sistema de manejo sorgo como monocultivo el que obtuvo los valores mayores con 4,520 y 12,361 kg ha<sup>-1</sup> respectivamente. En las variables del suelo la materia orgánica, nitrógeno, fósforo, y capacidad de intercambio catiónico aumentaron su contenido en el suelo en comparación a su contenido inicial en los dos sistemas de manejo, en cuanto al pH disminuyó levemente y el potasio disminuyó bruscamente probablemente a que el sorgo es un gran extractor de este elemento y pudiendo ser mayor cuando se combina con el maíz. En el balance aparente de nutrientes los dos sistemas de manejo presentaron balances positivos, pero cabe destacar que fue el sistema sorgo asociado con maíz el que presentó el mejor balance, probablemente a que recibió la misma entrada de nutrientes y exportó menos nutrientes vía rendimiento de grano y biomasa producida.

## SUMMARY

The present work I am made in the property of Mr. Aurelio Lopez, located in the community of Pacora of the municipality of San Francisco Libre, Managua, during the time of last (August to December of the 2003), in order to determine the effect of a land system (culture in alleys) on the yield of the cultures and the chemical properties of the ground. The used design was in complete blocks at random (BCA) with two treatments (sorghum as monoculture and sorghum associated with maize) and three repetitions, the variety of sorghum (*Sorghum two-color* L. Moench) evaluated was tortillero precocious and in the maize (*Zea mays* L.) variety NB-S. The originating results of the statistical analysis in the variables of growth (height of the plant, diameter of the stem and I number of leaves), grain nitrogen and nitrogen in biomass did not present/display significant differences; but the variables yield of the grain and produced dry biomass showed to significant differences being the handling system sorghum as monoculture the one that obtained the greater values with 4.520 and 12.361 kg ha<sup>-1</sup> respectively. In the variables of the ground the organic matter, nitrogen, phosphorus, and capacity of catiónico interchange both increased their content in the ground in comparison to their initial content in systems of handling, as far as pH it diminished slightly and the potassium diminished abruptly probably to that the sorghum is a great extractor of this element and being able to be greater when is combined with the maize. In the apparent balance of nutrients both handling systems presented/displayed positive balance, but it is possible to emphasize that the one was the system sorghum associated with maize that presented/displayed the best balance, probably to that it received the same entrance of nutrients and exported less nutrients via grain yield and produced biomass.

## Índice

Sección	Página	
Índice general	i	
Índice de tablas	iii	
Índice de figuras	iv	
Índice de anexos	v	
Resumen	vi	
<b>I.</b>	<b>INTRODUCCIÓN</b>	1
1.1.	<b>OBJETIVOS</b>	4
1.1.1.	Objetivo general	4
1.1.2.	Objetivos específicos	4
<b>II.</b>	<b>REVISIÓN DE LITERATURA</b>	5
2.1.	Sistemas agroforestales	5
2.1.1	Cultivos en callejones	5
2.1.1.1.	Características sobresalientes de los cultivos en callejones	6
2.1.2.	Árboles fijadores de nitrógeno en los sistemas agroforestales	7
2.2.	Componente arbóreo	8
2.2.1.	Madero negro ( <i>Gliricidia sepium</i> [Jacq] Steud)	8
2.2.2.	Leucaena ( <i>Leucaena leucocephala</i> [Lam] de Witt)	9
2.3.	Cultivo	10
2.3.1.	Maiz ( <i>Zea mays</i> L)	10
2.3.2.	Sorgo ( <i>Sorghum bicolor</i> [L] Moench)	12
2.4.	Papel de las leguminosas	13
2.5.	Ventajas de la fertilización orgánica	14
2.6.	Cultivos en asocio	14
2.7.	Abonos verdes	15
2.7.1.	Selección de la especie	15
2.7.2.	Características deseables que deben poseer las plantas que se utilizan como abono verde	16
2.8.	Los residuos orgánicos y su efecto en el suelo	17
2.9.	Elementos nutritivos necesarios para las plantas	17
2.9.1.	El nitrógeno en la planta	18
2.9.2.	El fósforo en la planta	19
2.9.3.	El potasio en la planta	19
2.10.	Composición y cantidad de restos vegetales	19
2.11.	Cantidad total de materia orgánica en suelo	20
2.11.1	Factores que determinan el contenido materia orgánica	21
2.11.2.	Influencia de la materia orgánica del suelo en la disponibilidad de nutrientes para las plantas	21
2.12.	El pH del suelo	22
2.12.1.	Importancia de la regulación del pH	22
2.13.	Capacidad de intercambio catiónico (CIC)	23
2.14.	Balance aparente de nutrientes	23

<b>III</b>	<b>MATERIALES Y MÉTODOS</b>	26
3.1.	Descripción del lugar	26
3.1.1.	Ubicación	26
3.1.2.	Clima	26
3.1.3.	Suelo	27
3.2.	Metodología experimental	27
3.2.1.	Descripción del diseño experimental	27
3.2.2.	Descripción de los tratamientos	28
3.2.3.	VARIABLES EVALUADAS	29
3.2.3.1.	En los cultivos	29
3.2.3.2.	En el suelo	31
3.3.	Procesamiento de datos	31
3.4.	Manejo agronómico	31
<b>IV.</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	33
4.1.	Altura de la planta	33
4.2.	Diámetro del tallo	34
4.3.	Número de hojas	36
4.4.	Biomasa seca producida	38
4.5.	Porcentaje de nitrógeno en biomasa (%)	39
4.6.	Porcentaje de nitrógeno en grano (%)	40
4.7.	Rendimiento de grano	41
4.8.	Propiedades químicas	43
4.8.1.	El pH del suelo	43
4.8.2.	Materia orgánica	44
4.8.3.	Nitrógeno del suelo	45
4.8.4.	El fósforo del suelo	46
4.8.5.	El potasio del suelo	47
4.8.6.	Capacidad de intercambio catiónico	48
4.9.	Balance aparente de nutrientes	49
4.9.1.	Entradas	49
4.9.2.	Salidas	50
4.9.3.	Balance aparente	50
<b>V</b>	<b>CONCLUSIONES</b>	52
<b>VI</b>	<b>RECOMENDACIONES</b>	53
<b>VII</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	54
<b>VIII</b>	<b>ANEXOS</b>	63



## Índice de tablas

Tabla N°		Página
1	Entradas y salidas que se toman en cuenta para obtener el balance aparente de nutrientes	25
2	Algunos parámetros químicos determinados en el suelo donde se estableció el experimento Pacora, 2003	27
3	Análisis químico de suelo de algunos parámetros determinados antes de la siembra y después de la cosecha de los cultivos	46
4	Análisis químico de suelo (Fósforo, potasio y capacidad de intercambio catiónico) antes de la siembra y después de la cosecha de los cultivos	49
5	Balance aparente de nutrientes en los dos sistemas de manejo	51

## Índice de figuras

Figura N°		Página
1	Promedio mensuales de precipitaciones y temperatura ocurrida durante el período en experimento de agosto a diciembre 2003 (Fuente INETER, 2003)	26
2	Efecto de los tratamientos sobre la variable altura de sorgo y maíz a los 39, 52 y 65 días después de la siembra	34
3	Efecto de los tratamientos sobre la variable diámetro del tallo de sorgo y maíz a los 39, 52 y 65 días después de la siembra	36
4	Efecto de los tratamientos sobre la variable número de hojas a los 39, 52 y 65 días después de la siembra	37
5	Producción de biomasa seca en $\text{kg ha}^{-1}$ para los tratamientos evaluados	38
6	Porcentaje de nitrógeno en biomasa por cada tratamiento evaluado	40
7	Porcentaje de nitrógeno en grano para los tratamientos	41
8	Comportamiento del rendimiento de los tratamientos en estudio	43

## Indice de anexos

Anexo N°		Página
1	Producción de biomasa seca (Ton/ha) y análisis de NPK (%) del mungo	63
2	Tabla de medias y análisis estadístico de la variable altura (cm)	63
3	Tabla de medias y análisis estadístico de la variable diámetro del tallo (cm)	64
4	Tabla de medias y análisis estadístico de la variable número de hojas	64
5	Tabla de medias y análisis estadístico de las variables rendimiento y biomasa seca producida en kg ha <sup>-1</sup>	65
6	Tabla de medias y análisis estadístico de las variables nitrógeno en grano y nitrógeno en biomasa expresado en porcentaje (%)	65
7	Tabla de resultado de análisis de plantas	66

## **I. INTRODUCCION**

Nicaragua es un país agropecuario, y la agricultura es la espina dorsal de la economía. Un estudio realizado por el MAG (1998) identificó que existe un total de 250,000 unidades productivas (pequeños y medianos productores), el 71.8 % de ellas es de producción agrícola, 9.8 % es una combinación de agricultura y ganadería y le sigue en importancia otras combinaciones. Entre las unidades agrícolas un 29.02 % produce solo maíz, un 31.31 % produce combinación de maíz y frijol (relevo) y en menor proporción combinaciones de granos básicos entre sí o combinaciones de granos básicos con otros cultivos.

La mayoría de los nicaragüenses están produciendo bajo los sistemas tradicionales donde tienen que emigrar a otras áreas de producción en busca de alcanzar mayores rendimientos en sus cultivos, lo cual trae problemáticas muy variadas desde distintos ángulos resultando abiertamente contradictorias y con muchos aspectos negativos.

Se ha estimado que cada año, producto del mal manejo de los sistemas agrícolas se pierden millones de hectáreas de tierras cultivables para la agricultura a causa de la degradación del suelo. Esto sucede por el rápido aumento de la población que está demandando del suelo cantidades crecientes de alimento, fibras y combustibles. Además, las castidades crecientes de tierras nuevas incorporadas a la agricultura son de una calidad más pobre y menos productivas que las tierras actualmente en explotación lo cual aumenta aún más la degradación del suelo (FAO, 1996).

La mayoría de los científicos y personas involucradas en el desarrollo de la agricultura están de acuerdo en que, a pesar de los numerosos proyectos de carácter Internacional y los financiados por el estado, la pobreza, la escasez de alimentos, el deterioro de la salud y la degradación ambiental continúan siendo problemas en el mundo en desarrollo.

La agricultura migratoria es un sistema predominante en las regiones tropicales. Esta puede definirse como un ciclo de producción que incluye la rotación de parcelas de cultivos y una etapa de descanso o barbecho. Las áreas bajo este sistema de producción están ligadas a la deforestación mediante la tala y quema, lo cual ha afectado la capacidad productiva de los

suelos disminuyendo el potencial de fertilidad del mismo, poca retención de agua, mayor exposición a la erosión hídrica y eólica y por ende hay una interrupción del ciclo natural de la materia orgánica. Esta crisis también ha demostrado que las estrategias de desarrollo convencional son fundamentalmente limitadas en su habilidad para promover un desarrollo equitativo y sostenible (CATIE, 1986).

Los abonos sintéticos químicos son relativamente efectivos en el crecimiento de las cosechas, pero su uso indiscriminado puede provocar mala calidad de los productos, contaminación de las aguas subterráneas y la pérdida de las propiedades valiosas del suelo, como su estructura (Fuentes, 1994).

Ante la necesidad de producir alimentos sanos y lograr un equilibrio biológico en el suelo, sin la degradación del mismo y garantizar una mayor producción de los cultivos sin uso de fertilizantes químicos se han expuesto varias alternativas.

Alguna de las propuestas miran hacia el diseño de modelos de producción basados en el enfoque más ligado al medio ambiente. Una de las alternativas son los sistemas agroforestales de cultivos en callejones (CATIE, 1991), pretendiendo conciliar la producción agrícola de corto plazo (agricultura migratoria), con el mantenimiento de la producción agrícola a largo plazo a través del manejo adecuado de los recursos suelo y agua. IRENA (1992 b), definen que el sistema de cultivos en callejones consiste en asociar árboles de rápido crecimiento con cultivos alimenticios. El objetivo de dicho sistema es para la producción de abonos verdes, mejoramiento de la estructura del suelo, aumento de fertilidad y protección del mismo.

En Nicaragua se tiene poca experiencia bajo este sistema de producción. Por ende la Universidad Nacional Agraria (UNA), con el financiamiento de FUNICA (Fundación Tecnológica para el Desarrollo Agropecuario y Forestal de Nicaragua), decidió realizar un estudio a nivel experimental en San Francisco Libre Pacora con el objetivo de aumentar no solo los rendimientos, el capital fertilidad y el mejoramiento productivo de los suelos en la comunidad de Pacora, San Francisco Libre y el propósito de conocer la adaptabilidad de los

sistemas cultivos en callejones bajo las condiciones agro, edafoclimáticas y el manejo tradicional del productor, de esta forma plantear nuevas alternativas a las problemáticas que afectan a los pequeños y medianos productores de nuestro país.

## **1.1. Objetivos**

### **1.1.1. Objetivo general**

- ❖ Determinar los efectos del manejo del agrosistema sobre el rendimiento de los cultivos y las propiedades químicas del suelo.

### **1.1.2. Objetivo específicos**

- ❖ Determinar los efectos de los tratamientos sobre la variable rendimientos.
- ❖ Evaluar el efecto de la incorporación de materia orgánica sobre las propiedades químicas del suelo.
- ❖ Realizar un balance aparente de nutrientes.

## **II. REVISION DE LITERATURA**

### **2.1. Sistemas agroforestales**

La agroforestería se define como un conjunto de prácticas que implican una combinación de actividades que se realizan en un mismo lugar y al mismo tiempo (prácticas simultáneas), o aquellas desarrolladas en el mismo sitio (prácticas secuenciales). Un sistema agroforestal es un sistema agropecuario, cuyos componentes son: árboles, cultivos, o animales; con los atributos de cualquier sistema: límites, componentes, interacciones, ingresos y egresos, una relación jerárquica con el sistema de fincas y una dinámica de nutrientes (Mendieta, 1986).

La agroforestería es frecuentemente señalada como una solución a los problemas de degradación de la tierra, el agua y como una repuesta a la escasez de alimento, leña, forraje, animal, materiales de construcción e ingresos (IRENA, 1993; citado por Zeledón & Cáceres, 1999).

La amplitud, de variedad de sistemas y prácticas agroforestales implica que la agroforestería puede ofrecer soluciones parciales de uso de la tierra para muchos productores de zonas rurales. Para responder a la necesidades de la mayoría de los productores, se ha venido investigando en los aspectos en que se centra la agroforestería y en los aspectos de usos múltiples, usuarios múltiples, tierras rurales incluyendo toda su complejidad; su variedad de prácticas tradicionales y conocimientos teóricos (IRENA, 1993; citado por Zeledón & Cáceres, 1999).

#### **2.1.1. Cultivos en callejones**

Los cultivos en callejones consisten en el establecimiento de hileras de árboles y arbustos intercalados con cultivos agrícolas. El objetivo de sembrar hileras de árboles es la producción de abonos verde para el mejoramiento de la estructura del suelo, aumento de la fertilidad y protección del mismo (IRENA, 1993. citado por Zeledón & Cáceres, 1999). Las especies de árboles son de producción múltiple (madera, leña, estaca y forraje) y de servicio



(sombra, materia orgánica, cobertura y producción de nitrógeno). Los productos de los árboles utilizados en los cultivos en callejones contienen suficientes cantidades de potasio, magnesio y calcio como para suplir las necesidades de los cultivos. En el establecimiento de cultivos en callejones, uno de los factores más importantes es la disposición de la hilera de árboles teniendo el cuidado de plantarlas siguiendo las curvas a nivel en sentido contrario a la pendiente y sembrar los árboles exactamente arriba de las mismas, para conservarlas a largo plazo. En el caso de terrenos planos, las hileras deben plantarse de Este a Oeste para disminuir el efecto de sombra sobre los cultivos (Paniagua, 1991).

Los cultivos en callejones son una alternativa técnica para la agricultura migratoria de los trópicos húmedos, utilizando hileras de leucaena (*Leucaena leucephala* [Lam] de Witt), madero negro (*Gliricidia sepium* [Jacq] Steud) y poro (*Eritrina poeppigiana* [Wal] de Cook), obteniéndose cosechas de maíz, frijoles y yuca (Rodríguez, 1993).

#### **2.1.1.1. Características sobresalientes de los cultivos en callejones**

Según Montagnini (1992) y García (1995), citado por Rodríguez (1993), el cultivo en callejones puede ser considerado como un sistema de agricultura migratoria, con las siguientes ventajas.

- Las prácticas de cultivo y barbecho se realizan simultáneamente.
- Se logra un mayor período de cultivo y uso más intensivo de la tierra.
- Se logra una regeneración efectiva de la fertilidad del suelo con especies más eficientes para este período.
- Los requerimientos externos son menores.
- Este sistema constituye una opción para aumentar la fertilidad del suelo; aunque esto, podría lograrse con la fertilización mineral significando un costo mayor.
- Se obtienen otros beneficios tales como sobre mayor protección del suelo, lo que no se logra con la fertilización mineral.
- Posiblemente uno de sus mayores potenciales en su utilización en zonas de ladera, donde las hileras de árboles sembrados en sentido perpendicular a la pendiente puede contribuir a disminuir la erosión.

A pesar de las ventajas nombradas es necesario señalar que:

- Puede haber competencia por agua y nutrimentos entre los cultivos y el árbol.
- Algunos suelos muy ácidos y con alta saturación de aluminio, los problemas de fertilidad son tan graves que ni siquiera los árboles crecen satisfactoriamente, de modo que no es posible usar este sistema.
- Se requiere altos costos de mano de obra en las etapas iniciales de establecimiento, de modo que su adopción es poco probable en situaciones donde la tierra no es abundante y la mano de obra escasa.

### **2.1.2. Árboles fijadores de nitrógeno en los sistemas agroforestales**

Se conoce aproximadamente 650 especies arbóreas fijadoras de nitrógeno. La mayoría de estas son originarias de los trópicos y de los subtropicos. Las especies fijadoras de nitrógeno son arbustos o árboles pequeños de bosques secundarios; a menudo estas especies son componentes de sistemas agroforestales (Montagnini, 1992, citado por Rodríguez. 1993).

Los árboles fijadores de nitrógeno tienen especial importancia en los sistemas agroforestales porque son una fuente de abono verde con alto contenido de nitrógeno, mejorando la fertilidad del suelo.

La fijación de nitrógeno caracteriza a la mayoría de las leguminosas (90% de las mimozáceas y fagáceas y 34% de las caesalpináceas). Al menos el 90% de estas tienen su centro de origen en los trópicos.

Entre los árboles y arbustos fijadores de nitrógeno que han sido usado en los sistemas agroforestales se encuentran leucaena, madero negro, acacia, calandra, guaba, casuarina, etc. (Montagnini, 1992).

## 2.2. Componente arbóreo

### 2.2.1. Madero negro (*Gliricidia sepium* [Jacq] Steud).

*Gliricidia sepium* es nativa de las zonas bajas de México y América Central, con una estación seca bien definida. Es una especie que se encuentra en áreas bajo los 1,500 msnm (Hughes, 1987, citado por CATIE, 1991a) pero principalmente bajo los 500 msnm (NAS, 1984; Glover, 1986, citado por CATIE, 1991a). Ha sido encontrada en rodales naturales de Costa Rica, Nicaragua, Honduras, El Salvador, Guatemala, Panamá (CATIE, 1991a).

*Gliricidia sepium* pertenece a la familia leguminosae y a la subfamilia Faboideae o papilionadae. En un ámbito de distribución natural prevalece en climas subhúmedos, con precipitaciones que van de 500-1,500 mm. Fuera de su ámbito natural a tenido éxito en climas con precipitaciones entre 785 y 3,500 mm anuales, preferiblemente con una estación seca definida (CATIE, 1986).

*Gliricidia. sepium* tolera una gran variedad de suelos, menos aquellos con mal drenaje interno, inclusive crece bien en suelos calcáreos (CATIE, 1986).

De acuerdo con el resultado de algunos ensayos de *G. sepium* establecidos en el Oeste de África, Filipinas y América Central, la especie toleran un pH entre 5.5 y 7.0 (CATIE, 1986 y CATIE, 1991a), también la reporta creciendo en suelos ácidos (pH 4 a 5).

La fertilidad natural no es un factor limitante para esta especie, pues se desarrolla bien en suelos pobres; prefiere suelo con una profundidad efectiva mayor de 30 cm, aunque se encuentra en suelos rocosos sin estrato definido. En suelos con déficit hídrico sobre pastoreados (compacto) o con problemas de inundación periódicos y mal drenaje el crecimiento de *G. sepium* se ve afectado (CATIE, 1986 Y CATIE, 1991a).

*Gliricidia. sepium* ofrece beneficios tales como: sombra para cultivos perennes (café); protección al suelo y mejor drenaje por sus raíces y hojarasca, disminución de la erosión y

conservación de la húmeda en clima seco, reducción de altas temperaturas que destruye la materia orgánica, proyección contra el viento, producción de abono verde, aumenta el humus, mayor aeración del suelo, incremento del contenido de nitrógeno y control de malas hierbas (CATIE, 1991a).

### **2.2.2. Leucaena** (*Leucaena leucocephala* [Lam] de Witt)

*Leucaena leucocephala*, es originaria de América Tropical, desde el Sur de México hasta Nicaragua. Es un árbol de uso múltiple que está siendo ampliamente cultivado en varios países tropicales de América, Asia y África (CATIE, 1991b).

*L. leucocephala* pertenece a la familia leguminosae subfamilia mimosoidae. En la actualidad se encuentra en la mayoría de los países tropicales y subtropicales y debido a sus usos múltiples esta siendo investigada y en algunos casos cultivada a nivel experimental y comercial (CATIE, 1991b).

Se adapta bien a tierras bajas principalmente por debajo de los 500 msnm, con precipitaciones desde los 600 hasta 2,300 mm y temperaturas medias anuales que varían entre los 22 y 30°C. De acuerdo a los requerimientos climáticos de la especie y utilizando el sistema de clasificación de zonas de vida de Holdridge, leucaena puede desarrollarse bien en bosques muy húmedo tropical, bosque húmedo y bosque seco tropical (CATIE, 1991b).

Crece bien en suelos ligeramente ácidos y alcalinos, se puede cultivar en bosquetes, cercas vivas, cortinas rompevientos y con cultivos intercalados, para producir leña, carbón, forraje y madera para la producción de productos menores (CATIE, 1991b).

Según CATIE (1991b), en América Central *L. leucocephala* ha sido plantada con buenos resultados, en una variedad amplia de suelos y condiciones climáticas. Diferentes estudios de adaptación y rendimientos realizados en países tropicales, han mostrado que la adaptación de la especie a diferentes tipos de suelo, ocurre siempre y cuando no hayan limitaciones de drenaje, que no sean suelos compactos, ni ácidos, los mejores resultados se

han obtenido en suelos moderadamente ácidos (pH 6.5) a moderadamente alcalinos (pH 7.5).

Leucaena se usa con ventajas en plantación o como componente de varios sistemas agroforestales y para diversos fines: para producción de madera, es excelente para leña y carbón con un poder calorífico de 4,200-4,600 kcal/kg, para la producción de postes y tutores en la agricultura y como árbol de sombra en cultivos nuevos de café. Un uso muy extendido es la producción de follaje para alimentos del ganado, presentando una alta digestibilidad de (40-60 %), el cual contiene entre 20 y 27 % de proteínas, caroteno, vitamina K y otros nutrientes para alimentos del ganado haciendo podas frecuentes (CATIE, 1991b).

En las plantaciones de leucaena el contenido de N, P, K, Ca, Mg y materia orgánica en el suelo aumenta y ayuda al mejoramiento del horizonte superficial. La materia orgánica mejora las características físicas del suelo aumentando la aeración, retención de húmeda, propiedades aislante y la capacidad de intercambio catiónico. Al favorecer una buena cobertura protege la superficie del suelo con la acción directa del sol, lluvia y el viento lo que reduce la evaporación (López, 1990).

## **2.3. Cultivo**

### **2.3.1. Maíz (*Zea mays* L)**

En Nicaragua el maíz es un cultivo alimenticio de gran importancia en la dieta nacional y aunque se aumentan las áreas de producción los rendimientos no son satisfactorios. Estudios realizados en nuestro país han determinado que Nicaragua ocupa el cuarto lugar en orden de consumo per cápita de maíz en Centro América, existiendo un consumo promedio de 0.30 kg por día para una tasa anual de consumo de 109 kilogramos (Loáisiga, 2002).

El maíz ocupa un lugar importante en nuestra economía, siendo el producto de mayor consumo y principal fuente de alimentación. Es de relevancia el hecho de que el maíz pueda consumirse de muchas formas como: tortillas, atol, tamal, tiste, pinol, etc. Este cultivo también fortalece la actividad pecuaria al utilizar el grano, para la elaboración de productos balanceados, o la planta como forraje o para ensilaje (Loáisiga, 2002).

Para la producción de maíz, los suelos más apropiados son los francos con buen drenaje y con un pH de 6.5, en zonas con altas precipitaciones son preferible los suelos franco arenosos por su alta capacidad de drenaje. En Nicaragua, el maíz de secano se siembra de acuerdo a la lluvia de cada zona o región, para la Costa del Pacífico se recomienda la época de primera en los meses de Mayo y Junio o a finales de Junio y principios de Julio (postrerón). La densidad de siembra depende de la humedad y la fertilidad de suelo, la población de plantas indicada para la mayoría de las variedades es de 37 a 42 mil plantas por manzana y de 26 a 30 libras de semilla (MIP/ZAMORANO-CONSUDE, 1996)

El maíz se siembra asociado en las regiones pobladas de Cetro América, especialmente en las regiones más secas siendo un cultivo de subsistencia y es común encontrarlo con leguminosas de grano (Jiménez, 1990.)

La técnica de asociar maíz con árboles es relativamente nueva, la cual consiste en utilizar la biomasa de los árboles o arbustos para restaurar la fertilidad del suelo y mantener la producción estable del cultivo (Rodríguez, 1993).

El cultivo del maíz asociado con arbustos (abono verde), como barrera viva son sembradas en curvas de nivel, sirve de barrera viva contra la erosión. En el momento de la poda las ramas y hojas se usan como abono (MIP/ZAMORANO-CONSUDE, 1996).

En América Central el cultivo de maíz representa grandes partes de los ingresos del pequeño y mediano productor y alimento básico de la dieta campesina (Jiménez, 1990).

### **2.3.2. Sorgo (*Sorghum bicolor* [L] Moench)**

El sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) es el quinto cultivo más importante entre los cereales del mundo. Los países productores de sorgo son: Estados Unidos, India, China, México, Nigeria y Sudan. Desde 1979-1981 la producción disminuyó en Europa, Argentina, Perú, Costa Rica y Honduras debido a la siembra de otros cultivos; mientras la producción se ha aumentado en Brasil, Colombia, Paraguay, Venezuela y República Dominicana. Entre los países que han incrementado su producción están; Uruguay, Venezuela y Nicaragua. El rendimiento del cultivo es muy variable a través del mundo siendo de 4.39 t/ha en Estados Unidos y aproximadamente de 700 kg ha<sup>-1</sup> en África y en Haití.

En Nicaragua el sorgo ocupa el 6.38 % del área sembrada de granos básicos. El 56 % de la producción actual es utilizada en la elaboración de alimentos concentrados para la industria, bovina, porcina y avícola y el 44 % restante se utiliza para la alimentación humana principalmente el sorgo de endospermo blanco (Pineda, 1990).

La mayor parte de la producción es manejada por medianos y grandes productores, quienes siembran dichos cultivos con fines industriales, esta producción proviene de la siembra extensiva y es destinada principalmente a la alimentación avícola, dejando los residuos de la cosecha para la alimentación bovina durante la época seca (Monterrey, 1997).

La planta de sorgo se adapta a una amplia gama de ambiente y produce grano bajo condiciones desfavorables para la mayoría de muchos cereales. Debido a su resistencia a la sequía, se considera como el cultivo más apto para las regiones áridas con lluvias erráticas. Puede sembrarse en suelos con diversas texturas desde arenosos hasta arcillosos. La mayor producción puede obtenerse en suelos francos, franco arenosos, franco arcillosos y franco limosos. Para el caso de los suelos arcillosos se recomienda la siembra siempre que existan buenas condiciones de drenaje (INTA, 1999).

En el país existen zonas óptimas para la producción de este rubro dentro de ellas cabe destacar las zonas: Rivas, Granada, Managua, Estelí y León, en la mayoría de ellas se obtienen mejores resultados en siembras de postrera (Alemán & Tercero, 1991).

#### **2.4. Papel de las leguminosas**

El papel de las leguminosas tiene como finalidad proteger, recuperar y mejorar las condiciones biológicas, físicas y nutricionales de los suelos (Restrepo, 1996).

Es necesario saber en qué forma las leguminosas aportan su nitrógeno al suelo para poder utilizarlas adecuadamente en el requerimiento del suelo o como cultivo asociado. Un cultivo de leguminosas fija a menudo entre 200 y 300 kg de N ha<sup>-1</sup> y a veces más, sin embargo esto ocurre solo cuando el cultivo está en la etapa de floración y el suelo naturalmente es pobre en nitrógeno (FAO, 1985. citado por Bucardo & Mejía, 1999).

El nitrógeno regresa al suelo por medio de los residuos de las cosechas que quedan en el campo, pero en la maduración las áreas de las plantas pierden gran cantidad de su nitrógeno en alimentar al grano que se ha de cosechar.

El abono orgánico estimula especialmente la microbiología del suelo. Eso es la causa del efecto bioestático por la vida microbiológica abundante y diversa, las plagas y las enfermedades no pueden desarrollarse tan factiblemente (biodiversidad) (Greert & Vega, 1992).

Las leguminosas son ecológicamente y económicamente plantas importantes, son mejoradoras del suelo y prolifera el nitrógeno del suelo sin costo alguno ya que capturan el nitrógeno del aire por medio de la simbiosis con la bacteria *Rhizobium* (Michaelis & Venegas, 1986).



## **2.5. Ventajas de la fertilización orgánica**

Los fertilizantes orgánicos contienen muy pequeñas cantidades, o casi nada de sales solubles en el suelo y podrían aplicarse en dosis muy altas sin riesgo de dañar a las plantas, como sucediera si se aplicaran fertilizantes inorgánicos que proporcionan a las plantas cantidades equivalentes de nutrientes.

El nitrógeno y el fósforo no son solubles en agua, a medida que el fertilizante se transforma en el suelo estos nutrientes se liberan lentamente de manera que puedan ser utilizado por las plantas, conforme estas lo van necesitando.

Este proceso también protege a los nutrientes de los efectos del lavado del suelo (Cooke, 1981).

Es importante el estudio de la eficiencia de uso de fertilizantes porque el interés es obtener los rendimientos más altos posibles con las misma aplicación de fertilizante (Labrador, 1996).

## **2.6. Cultivos en asocio**

Se define como la siembra de dos o más cultivos en el mismo tiempo y bajo las mismas condiciones. A nivel mundial el policultivo es una técnica tradicional entre pequeños agricultores que tienen su origen en una agricultura de supervivencia dirigida al máximo aprovechamiento del espacio agrícola. Los cultivos en asocio al igual que otras tecnologías tradicionales no son estáticas son el resultado acumulativo de muchos años de experiencia y procesos de selección para producir mejores resultados utilizando los recursos disponibles (Binder, 1997).

El asocio crea una base genética más diversa, que sirve para reducir los efectos negativos de la sequía, ataque de insectos y enfermedades. Desde el punto de vista la práctica de asociar cultivo es una imitación de la naturaleza por el hecho de aumentar la diversidad ya

que al multiplicar el número de cultivo sobre la misma superficie se diversifica la flora y la fauna que acompaña a dicho cultivo (Binder, 1997).

## **2.7. Abonos verdes**

Son aquellas plantas que se siembran para mejorar la fertilidad del suelo, incorporándose antes de la floración. Es un recurso de bajo costo que se puede producir en la finca para aumentar la producción de cosecha de granos básicos, sin aumentar los costos.

Este se cultiva con el propósito específico de mejorar el suelo y a menudo se escogen las leguminosas por su capacidad de fijar nitrógeno, controlar la erosión causada por el agua y el viento, además de aumentar la materia orgánica del suelo (Soule, 1987).

Los abonos verdes están constituidos por la masa verde de las plantas, la que incorpora en el suelo con el fin de enriquecerlo de sustancias nutritivas, principalmente de nitrógeno así como para mejorar su régimen de agua, aireación y temperatura (Morales, 1996).

Como abonos verdes se utilizan principalmente las leguminosas, las cuales gracias a su simbiosis con las bacterias nodulares, asimilan el nitrógeno y enriquecen con él, la tierra. Las plantas utilizadas como abonos verdes se pueden desarrollar durante todo el período vegetativo, así como en calidad de barbecho y de cultivos intermedios.

Un buen abono verde debe proporcionar de 20 a 50 toneladas por hectárea de biomasa con un contenido de materia seca de 10 a 15%. Al incorporar este material al suelo, los resultados que se esperan dependerán de las condiciones climáticas de la región y del grado de erosión que presente el suelo (Morales, 1996).

### **2.7.1. Selección de la especie**

Las leguminosas de ciclos largos producen poca biomasa en la siembra asociada en parcelas donde se hagan dos siembras al año, ya que antes de la siembra del cultivo de postrera, la leguminosa debe cortarse. Por ello, las leguminosas de ciclo largo se adaptan

mejor a parcelas con un solo cultivo sembrado en primera, lo cual le permite seguir creciendo durante postrera.

Como abono verde, el mungo se incorpora desde la plena floración hasta la formación de vainas (45-50 dds), pero no se pierde el nitrógeno aportado cuando la incorporación se hace después de la cosecha de vainas verdes o de las primeras vainas secas. Se cosecha desde los 60 dds (Greet & Vega, 1992).

Las leguminosas de ciclo largo se siembran de 2 a 4 semillas por metro lineal, en el mismo surco o entre los surcos del cultivo principal. Las especies de ciclo corto se siembran de 6 a 10 semillas por metro lineal.

### **2.7.2. Características deseables que deben poseer las plantas que se utilizan como abono verde**

- Deben enriquecer el suelo con nutrientes.
  
- Tienen que tener un desarrollo foliar vigoroso, con el fin de incorporar una mayor cantidad de materia verde al suelo. De forma general debe alcanzar un buen desarrollo al iniciar la floración para que pueda contribuir con buenos volúmenes de materia orgánica por hectárea.
  
- Se deben incorporar al suelo en condiciones suculentas, es decir, verdes.
  
- Los abonos se utilizan para mejorar las características físico-químicas de los suelos, los que presentan un campo de investigación amplio para ofrecerlas como alternativas a los productores en caso que sean de beneficio y económicamente accesibles (Aguilera & Cortés, 1987).

- La ventaja a corto plazo de los cultivos asociados consiste en la producción de cosechas mayores y más seguro, sobre todo al combinarse leguminosas con no leguminosas (Trenbath, 1974).
- Los beneficios y costos previos del cultivo intercalado varían entre el primero y los siguientes años, la mejora de las propiedades del suelo son menos evidentes porque no se han incorporado al mantillo del frijol abono del ciclo anterior. A partir del segundo año se pueden esperar mejoras del suelo que llevarán aumentos perceptibles del rendimiento (Zea, 1992).

## **2.8. Los residuos orgánicos y su efecto en el suelo**

La materia orgánica tiene un efecto integral sobre, las propiedades físico-químicas y biológicas de los suelos, lo cual implica el valor de su fertilidad.

La importancia que se conoce de la materia orgánica deriva de su intervención en procesos de tanta trascendencia para el comportamiento del suelo. Crecimiento de las plantas y organismos del suelo; como son: formación y estabilización de agregados, adsorción e intercambio iónico, suministro de energía y nutrientes, capacidad de retención de humedad, procesos edafológicos y protección contra la degradación de los suelos (Porta & López, 1994).

Las propiedades físicas de los suelos presentan una gran variabilidad especial, se encuentran además en continuos cambios en condiciones naturales y especialmente con la intervención del hombre a través de diferentes actividades incluidas las agrícolas (Porta & López, 1994).

## **2.9. Elementos nutritivos necesarios para las plantas**

Según (Wild, 1992), los elementos que actualmente se consideran esenciales para las plantas superiores son:

1- Macronutrientes: carbono, hidrógeno, oxígeno, nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio y azufre. Estos a su vez se dividen en dos grupos:

a) Nitrógeno, fósforo y potasio, que son absorbidos por las plantas según los casos en cantidades moderadas, sus características son frecuentes y constituyen los componentes principales de los fertilizantes comerciales.

b) Calcio, magnesio y azufre, absorbido por las plantas en cantidades moderadas y aunque sus características suelen ser menos frecuentes, pueden adquirir cierta importancia en condiciones locales y regionales.

El carbono, hidrógeno y el oxígeno las plantas lo extraen del aire atmosférico y del agua; llegan a representar el 90 al 95% del peso seco de la planta.

2- Micronutrientes: hierro, manganeso, cobre, zinc, boro, molibdeno y cloro.

Otros considerados no esenciales que aparecen con cierta frecuencia y que se ha comprobado que resultan útiles son: cobalto, sodio y silicio.

### **2.9.1. El nitrógeno en la planta**

El nitrógeno representa del 1 al 4% del peso seco de la planta, es constituyente básico de importantes moléculas orgánicas claves para el crecimiento y desarrollo de los vegetales, tales como: proteínas, aminoácidos, ácidos nucleicos, etc. El nitrógeno juega un papel clave en la etapa de crecimiento vegetativo, floración y formación de frutos, semillas y favorece el macollamiento; durante la fase vegetativa, la actividad central consiste en la formación de tejidos. Un exceso de nitrógeno exagera el desarrollo vegetativo (hojas y caña) y causa retraso en la maduración (Vieira *et al.*, 1999).

### **2.9.2. El fósforo en la planta**

El fósforo que contienen las plantas representa un décimo aproximadamente de su contenido de nitrógeno; el fósforo es un nutriente esencial para el ciclo de producción de energía dentro de la planta (ATP, ADP y ATPasa), el ácido fosfoglicérico es uno de los primeros compuestos de la fotosíntesis y a partir de aquí se generan los azúcares, proteínas, vitaminas, lípidos, carbohidratos, hormonas que integran la célula y también es importante porque estimula el crecimiento radicular (Kass, 1996).

### **2.9.3. El potasio en la planta**

El contenido de potasio en las plantas varía de 0.5 a 2.5% de su peso; este elemento es muy esencial en muchas de las reacciones y procesos del metabolismo vegetal. Está involucrado en la fotosíntesis, la respiración y el aprovechamiento del agua por las plantas; siempre como ion activador de estos procesos, su presencia está ligada a la resistencia de los tallos de las plantas, a la sequía y a ciertas enfermedades, estimula el macollamiento, el cuajado de los granos y el almacenamiento de azúcares y almidones (Domínguez, 1997).

## **2.10. Composición y cantidad de restos vegetales**

La resistencia a la descomposición de la materia orgánica puede estar relacionada con uno o más factores: consistencia, contenidos de lignina, contenido de nutrientes iniciales, componentes secundarios de las plantas y tamaño de las partículas (Alderson & Switt, 1983, citado por Escobar, 1990).

Existen factores influyentes en el proceso de descomposición del material, estos son: temperatura, humedad, aireación, características edáficas. La temperatura y la humedad son sin duda los factores más importantes que regulan la descomposición, bajo condiciones naturales contribuyen indirectamente a la aireación y estructura del suelo (Escobar, 1990).

La velocidad de descomposición de residuos y formación de humus depende de la actividad de microorganismos saprófagos del suelo (Fassbender & Bornemisza, 1987).

La descomposición depende en gran medida de la textura del suelo, siendo la pérdida menor en el suelo de textura gruesa que en los de textura fina (Domínguez, 1997).

### **2.11. Cantidad total de materia orgánica en suelo**

Según Teuscher & Adler (1987), la cantidad de materia orgánica en el suelo consta de:

1- Materia orgánica de reserva, es decir la fracción que permanece sin descomponer o que está en proceso de descomposición y que por influencias químicas y biológicas continuas se transforman gradualmente en humus.

2- Humus: porción totalmente descompuesta que se encuentra en estado coloidal y que por consiguiente es apta para desempeñar funciones importantes.

Según Foth (1987), las mayores pérdidas de materia orgánica del suelo son producidas por las circunstancias siguientes:

- Repetidas labores de labranza que airean el terreno, activan la mineralización y calcinación de compuestos orgánicos.
- Lluvias continuas erosionando el suelo y arrastrando el humus del mismo.
- Climas de temperaturas estacionales con medias diurnas de 25 °C son más favorables a la destrucción que producción.

Cuando la producción de materia orgánica es mayor que la destruida, aumenta sus contenidos en el suelo y recíprocamente. En condiciones normales se llegan a establecer estados de equilibrio que mantienen en cada suelo y en cada clima un determinado nivel de riqueza orgánica (Teuscher & Adler, 1987).

### **2.11.1. Factores que determinan el contenido de materia orgánica**

Según Fassbender & Bornemisza (1987), los contenidos de materia orgánica en los suelos son determinados en primer lugar por el clima y la vegetación, y otros factores locales como relieve, material parental, tipo y duración de explotación de los suelos y algunas de sus características físicas, químicas y biológicas.

La cantidad de materia orgánica del suelo se incrementa indirectamente con el aporte de abonos minerales, por aumento de cosechas y residuos de cultivos, los cuales mantienen un determinado nivel de humus frente a las causas que lo destruyen. A medida que los cambios enzimáticos de la materia orgánica del suelo se producen, los productos simples comienzan a manifestarse libremente. Los productos simples más comunes que resultan de la actividad de microorganismos del suelo son: carbono, nitrógeno, azufre, fósforo, entre otros.

### **2.11.2. Influencia de la materia orgánica del suelo en la disponibilidad de nutrientes para las plantas**

1- La materia orgánica del suelo actúan no solamente como una fuente de nutrientes, sino que también influye en la disponibilidad de nutrientes.

2- La materia orgánica tiene una función especial en hacer al fósforo más fácilmente aprovechable en suelos ácidos.

3- La descomposición de la materia orgánica produce diferentes nutrientes necesarios para el desarrollo de las plantas, suple la mayor parte de nitrógeno, azufre y la mitad de fósforo que absorben los cultivos no abonados.



## **2.12. El pH del suelo**

Una de las características fisiológicas del suelo más importante es su reacción debido a que microorganismo y plantas superiores responden tan notablemente a su medio químico, la importancia de la reacción del suelo y de los factores asociados con ella, ha sido debidamente reconocida. Tres condiciones son posibles: Acidez, neutralidad y alcalinidad (Bukman & Brady, 1985).

El pH particularmente medido de un suelo, se debe a un conjunto determinado de condiciones químicas, por lo tanto, una determinación de pH del suelo es una de las pruebas más importantes que se pueden hacer para diagnosticar problemas de crecimiento de las plantas.

Según Foth (1987), el pH tiene influencia sobre la microflora y micro fauna presentes en el suelo y su actividad.

### **2.12.1. Importancia de la regulación del pH**

Un cambio notable en el pH indica sin duda una modificación radical en el ambiente del suelo, sobre todo respecto al aprovechamiento de nutrientes por los vegetales, si este ambiente puede fluctuar muy ampliamente, las plantas superiores y microorganismos, sin duda alguna, sufrirán seriamente antes de que puedan adecuarse a el, no solo quedaran afectados directamente por el cambio de concentración de iones  $H^+$  sino también indirectamente por las influencias sobre los elementos nutricionales que puedan llegar a ser inadecuados (Buckman & Brady, 1985).

Este mismo autor afirma que es evidente que a mayor capacidad de resistencia de un suelo, mayores serán las cantidades de enmiendas usadas para realizar un cambio de pH. De aquí se puede decidir sobre la cantidad de enmienda a aplicar a un suelo dado de pH conocido. Debemos considerar entre otros factores más importantes la textura y contenido orgánico.

### **2.13. Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC)**

La arcilla y la materia orgánica están cargadas negativamente y son capaces de adsorber cationes de la solución del suelo, estos cationes se denominan cationes de cambio ya que pueden ser cuantitativamente reemplazados por otros, sin destruir los coloides del suelo. (Fassbender & Bornemisza, 1987).

El intercambio de cationes es una de las propiedades más importantes del suelo y tiene influencia sobre una gran variedad y cantidad de sus características. Existe una estrecha relación entre la capacidad de intercambio de cationes de los suelos y su productividad.

Muchos estudios han indicado que no es la cantidad de nutrientes en el suelo, en un momento dado, lo que indica su productividad, sino la capacidad del suelo para renovar la existencia una vez que han sido utilizados los nutrientes en solución (Buckman & Brady, 1985).

Los cationes cambiables influyen en la estructura, actividad biológica, régimen hídrico y gaseoso, reacción, proceso genérico del suelo y su formación. Los principales cationes de cambio son: potasio, calcio, magnesio, aunque hay otros en cantidades apreciables como hidrogeno, sodio, amonio y aluminio, además siempre existen pequeñas cantidades de manganeso, cinc, cobre y hierro ferroso (Fassbender Bornemisza, 1987).

### **2.14. Balance aparente de nutrientes**

La fertilidad del sistema de cultivos en callejones está relacionada con el aporte de materia orgánica, la cual permite el mantenimiento de la sustentabilidad productiva funcional y ambiental, mejora las propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos; evita la erosión, lixiviación de nutrientes hacia las capas inferiores del suelo, y protege la volatilización de los mismo, logrando de esta manera aportes positivos de N, K y de algunos elementos menores en el balance aparente de nutrientes (Labrador, 1996).

La fertilidad es la forma indirecta de medir la capacidad de producción del suelo y su conservación se ha basado en el balance de nutrientes, que incluye la capacidad presente en el suelo, la cantidad que extraen los cultivos para una producción esperada, la eficiencia de absorción de nutrientes por las plantas y las cantidades aplicadas de fertilizantes.

Para Wild (1992), la diferencia entre la absorción y exportación de nutrientes por la cosechas, es importante cuando se trata de evaluar las exigencias nutritivas o establecer los balances nutritivos en el suelo. Aunque para poder establecer un verdadero balance es necesario conocer otras salidas, como son el lavado por las aguas de drenaje o las pérdidas en forma gaseosa, y conocer las entradas procedentes de la atmósfera, pues estos requieren una gran precisión para ser medidos. Por esta razón se define como balance aparente de nutrientes, por que no se utilizan medios especiales para medir todos los flujos de materia existentes en el sistema.

Un requerimiento mínimo para que el suelo en uso sea sostenible es que la fertilidad del mismo no disminuya. Esto implica que las salidas de nutrientes (exportación de biomasa y cosecha de productos) no deben de ser mayores que las entradas (aportes de fertilizantes minerales y orgánicos) (Bejarano & Maldonado, 1999).

Según Vieira *et al.* (1999), en un área geográfica determinada, el movimiento de los nutrientes dentro en un sistema que involucra los componentes suelo – plantas – animales, se clasifican en:

- **Entradas:** Son un aporte al sistema, es decir, una adición sumatoria o contribución de nutrientes desde afuera hacia dentro del sistema.
- **Reciclaje dentro del sistema:** consiste en el retorno de los nutrientes que de alguna manera salieron del sistema o se movieron dentro de él, del cual fueron retirados. El reciclaje se da a través del aprovechamiento de los residuos de las cosechas, los cuales contienen parte de los nutrientes retirados del suelo.

- **Salidas:** Son las pérdidas de nutriente de un determinado sistema, a través de la extracción por las plantas y posterior consumo o venta de los productos, o las pérdidas de nutrientes por erosión, lixiviación y volatilización.

Sin embargo, como se muestra en la Tabla 1, las entradas y salidas consideradas varían según el nivel y profundidad de investigación que se realice, además, de la disponibilidad de aparatos de medición.

**Tabla 1.** Entradas y salidas que se toman en cuenta para obtener el balance aparente de nutrientes.

<b>Entradas</b>	<b>Salidas</b>
• Fertilización	• Residuos de cultivos
• Estiércol	• Lixiviación
• Deposición	• Pérdidas por gases
• Fijación biológica de nitrógeno	• Erosión
• sedimentación	• Productos

### III. MATERIALES Y METODOS

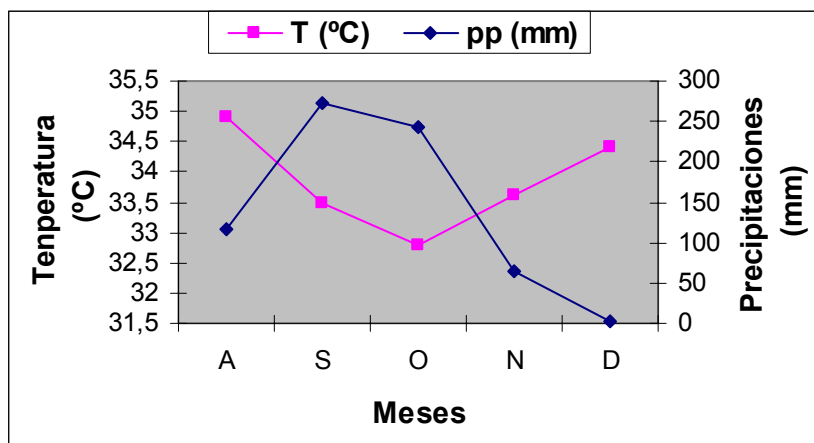
#### 3.1. Descripción del lugar

##### 3.1.1. Ubicación

El presente ensayo se estableció en la finca del productor Aurelio López en la comunidad Pacora ubicada a 18 Km del empalmé de la carretera San Francisco Libre. Pacora pertenece al municipio de San Francisco Libre, departamento de Managua. San Francisco Libre está comprendido entre las coordenadas 12 ° 29' 54" de latitud norte y 86° 16' 54" de longitud oeste. Se encuentra a 50 metros sobre el nivel del mar (msnm) y se ubica dentro de la zona de vida del trópico seco de Nicaragua.

##### 3.1.2. Clima

Las condiciones climáticas promedios anuales predominantes en la zona corresponden a: precipitaciones de 1109 mm, temperaturas de 34 °C y humedad relativa de 76.7%. El ensayo se estableció en postrera en el período comprendido entre los meses de agosto a diciembre del año 2003. Las condiciones climatológicas ocurridas durante este período se presentan en la Figura 1.



**Figura 1.** Promedio mensuales de precipitaciones y temperatura ocurrida durante el período en experimento de agosto a diciembre 2003 (Fuente INETER, 2003).

### 3.1.3. Suelo

Los suelos pertenecen al orden de los vertisoles con alto componente de arcilla, que al humedecerse se expanden y al secarse se contraen formando grietas de por lo menos 0.5 m de ancho y hasta 1.5 m de profundidad. La topografía varía de plana a ligeramente ondulada, se caracterizan por ser suelos permeables con buena retención de agua y poco contenido de materia orgánica, la profundidad que presentan estos suelos supera 50 cm. Los resultados del químico se presentan en Tabla 2.

**Tabla 2.** Algunos parámetros químicos determinados en el suelo donde se estableció el experimento Pacora, 2003

pH	M.O	N	P	meq/100 g suelo					ppm			
H <sub>2</sub> O	%		ppm	K	Ca	Mg	Na	CIC	Fe	Cu	Zn	Mn
7.3	1.14	0.05	8.03	0.83	34.82	6.89	0.001	42.3	21	8	3	7

Fuente: Laboratorio de Suelos y Agua (UNA)

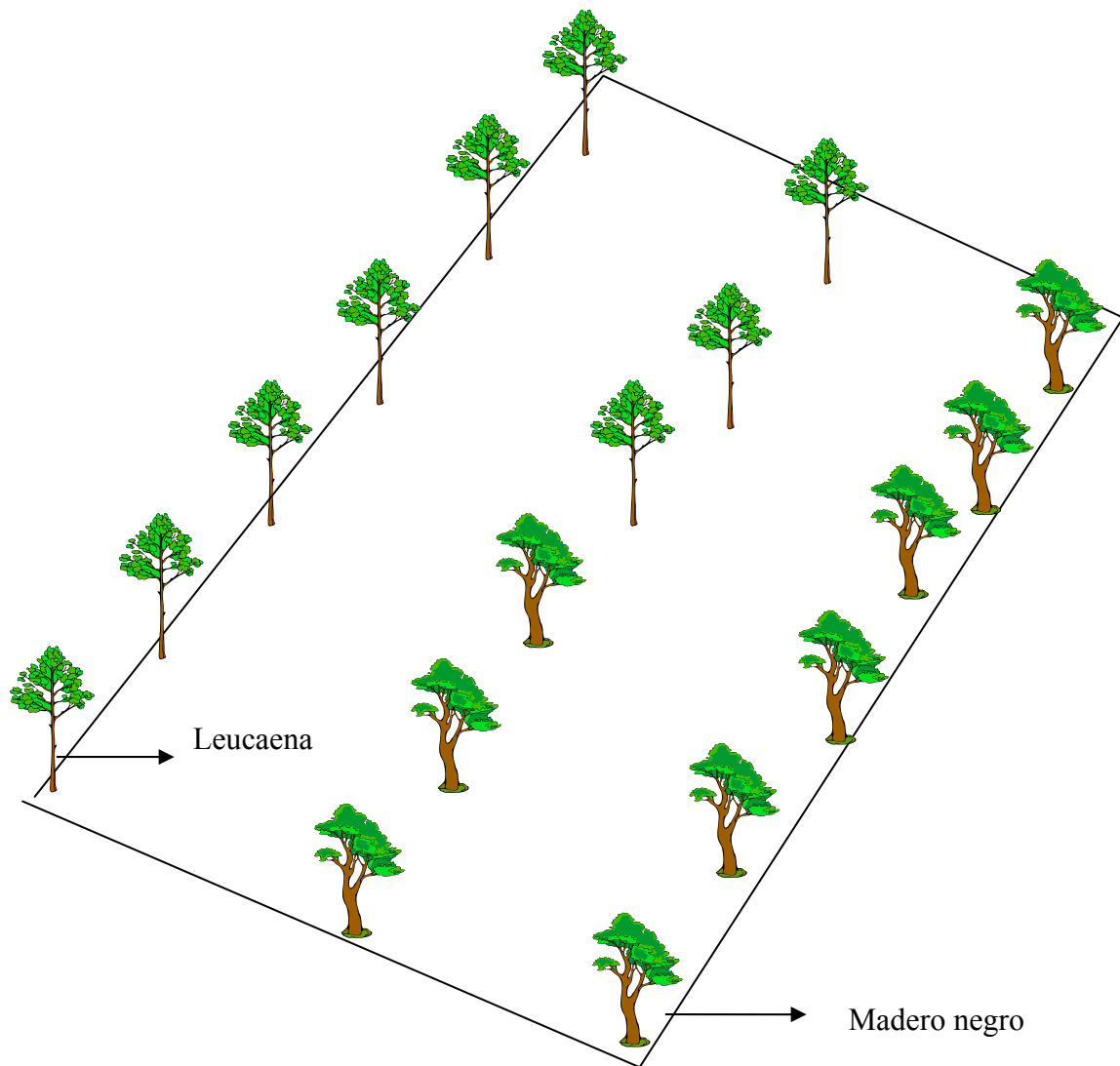
## 3.2. Metodología experimental

### 3.2.1. Descripción del diseño experimental

El sistema establecido en la finca, corresponde a un sistema de cultivos en callejones, la distancia entre árboles fue de 2 m y entre surcos de 15 m, estos se establecieron seis meses antes de la realización de este ensayo. Dentro de los callejones se sembró sorgo y maíz y sorgo solo. Se utilizó un diseño de bloques completamente al azar (BCA), con tres repeticiones y dos tratamientos; cada parcela estaba constituida de 20 surcos con una longitud de 9 m, espaciado por 0.7 m entre surcos, para un área total de 126 m<sup>2</sup> por parcela. Como parcela útil se utilizaron 10 surcos centrales en el monocultivo y 8 surcos en el asocio, es decir, 4 surcos para cada cultivo. Cada repetición ocupa un área de 252 m<sup>2</sup>, lo que corresponde a un área total de 756 m<sup>2</sup> en las tres repeticiones. El área de espaciamiento entre parcelas y bloques fue 144 m<sup>2</sup> lo que suma un área total del experimento de 900 m<sup>2</sup>.

### **3.2.2. Descripción de los tratamientos**

Se establecieron dos callejones con tres repeticiones y los tratamientos utilizados en el experimento fueron dos formas de arreglo de cultivo. Uno de sorgo, como monocultivo y el otro sorgo y maíz, los cuales se establecieron en franjas. Como se pretende que el suministro de nutrientes provenga de la biomasa arbórea que producen los árboles, y en vista de que al momento del estudio estos se encontraban pequeños y con muy poca biomasa producida, se decidió utilizar como fuente de nutrientes la biomasa producida por el mungo (*vigna radiata* [L] R. Wilcz), esto con el propósito de mantener una vez crecido los árboles, la fertilización de los cultivos a base del uso de biomasa verde. Este se estableció en ambos sistemas de manejo entre los surcos 15 días después de la siembra del sorgo y el maíz, y 30 días después de establecido el mungo se incorporó al suelo. Cabe señalar que para ambos tratamientos el sorgo es el cultivo principal. El arreglo de los árboles en callejones se realizó como se muestra en la figura



### 3.2.3. Variables evaluadas

#### 3.2.3.1. En los cultivos

Durante el crecimiento y desarrollo de cultivo se midieron los siguientes parámetros, 10 plantas en el monocultivo y 20 plantas en el asocio tomadas al azar por parcela útil; las cuales se evaluaron a los 39, 52 y 65 dds.



**Altura de la planta (cm):** Se midió desde la superficie del suelo hasta el cuello de la última hoja formada.

**Diámetro del tallo (cm):** Se midió a 15 cm de la superficie del suelo.

**Número de hojas por planta:** Se contaron las hojas totalmente formadas de la planta.

### **Variables evaluadas al momento de la cosecha**

**Materia seca producida ( $\text{kg ha}^{-1}$ ):** Al momento de la cosecha se muestreó al azar de 2 m<sup>2</sup> por parcela útil.

**Contenido de NPK en biomasa:** De la misma muestra tomada para determinar materia seca producida se llevó al laboratorio una muestra homogenizada de 500 g por parcela, para determinar NPK.

**Contenido de NPK en el grano:** Una muestra de sorgo y maíz cosechado por parcela útil fue enviada al laboratorio para determinar la concentración de NPK en el grano, el método utilizado fue el mismo con que se determinó biomasa.

**Determinación de NPK en tuza (brácteas), olote y panoja:** Al igual que las variables anteriores, una muestra representativa de tuzas, olotes y panojas se enviaron al laboratorio para determinar la concentración de NPK.

**Rendimiento del grano ( $\text{kg ha}^{-1}$ ):** Se cosechó la parcela útil, se determinó el porcentaje de humedad; posteriormente se desgranó la panoja y la mazorca y se ajustó al rendimiento del 13 % de humedad, se pesó y se expresó en  $\text{kg ha}^{-1}$ .

**Materia seca producida por el mungo ( $\text{kg ha}^{-1}$ ):** Se tomó una muestra de dos surcos de 1 m lineal cada una, se registró el peso fresco y fue enviada al laboratorio donde se determinó

el peso seco. De la misma muestra para determinar la materia seca producida se llevo una muestra al laboratorio para determinar NPK en la planta.

### **3.2.3.2. En el Suelo**

**Propiedades químicas:** Reacción del suelo (pH), fósforo (P), porcentaje de materia orgánica (MO), nitrógeno (N), potasio (K), y capacidad de intercambio catiónico (C I C). Estos parámetros se midieron al inicio y al final del ciclo del cultivo.

### **3.3. Procesamiento de datos**

Los resultados obtenidos de las variables en los cultivos, fueron sometidas a un análisis de varianza (ANDEVA), utilizando el paquete de diseños experimentales FAUANL versión 2.5.

### **3.4. Manejo agronómico**

La preparación del suelo se hizo con tracción animal, la cual consistió en rayado y cruce con arado egipcio y el surcado del terreno el 20 de agosto de 2003.

La siembra de los cultivos se efectuó el 29 de agosto del 2003. Para el sorgo se utilizó la variedad tortillero precoz la cual presenta las siguientes características agronómicas: plantas altas (1.57 m), panojas semi abiertas, color del grano blanco, con 54 días a la floración después de la germinación, tamaño de la panoja 20 cm, ciclo biológico de 90 días y un potencial genético de 55 qq/mz (INTA, 1999).

La siembra de sorgo se realizó de forma manual a chorrillo a una profundidad de 3 a 4 cm, con una distancia entre planta de 7.7 cm y una distancia entre surco de 70 cm, para una densidad poblacional de 185 mil plantas por hectárea.

Para el maíz se utilizó la variedad NB-S que presenta las siguientes características agronómicas: Plantas altas de 1.85 m con una altura de inserción de la mazorca de 1.00 m, textura del grano semi-arenosa de color blanco, mazorca cónica con buena cobertura, con 50 días a la floración, ciclo vegetativo corto 95 a 100 días y su potencial genético es de 35 a 48 qq/mz (INTA, 2002).

La siembra se realizó de forma manual, depositando dos semillas por golpe, con una distancia de 50 cm entre planta y una distancia entre surco de 70 cm, para una densidad poblacional de 28 mil plantas por hectárea.

Como abono verde se utilizó mungo (*Vigna radiata* [L] R. Wilcz), el cual se caracteriza por su rápido desarrollo vegetativo, buena descomposición al ser incorporado al suelo y alta tasa de fijación simbiótica del nitrógeno atmosférico. Este se estableció entre los surcos de los cultivos; la siembra del mungo se efectuó a los 15 días después de la siembra de los cultivos y 30 días después se incorporó, se ejecutó de forma manual, a chorrillo, depositando un promedio de 20 semillas por metro lineal, a una profundidad de 2 a 4 centímetros.

## **IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **4.1. Altura de la planta**

Según Monterrey (1997), la altura de la planta de sorgo está relacionada con un nivel suficiente de nutrientes disponibles en el suelo. Es evidente que la altura de la planta está determinada por las características varietales, la cual varía entre 0.5 a 4 m (Somarriba, 1998).

Al igual que el sorgo, la altura de las plantas de maíz varían según las características varietales genéticas y ambientales, lo cual determina la longitud y el número de entrenudos (Reyes, 1992).

Cuadra (1991), citado por Hernández (2002), afirman que la altura de la planta de maíz está determinada por la densidad poblacional y fertilización nitrogenada y Loáisiga (2002), plantea que la altura de la planta está influenciada por la variedad.

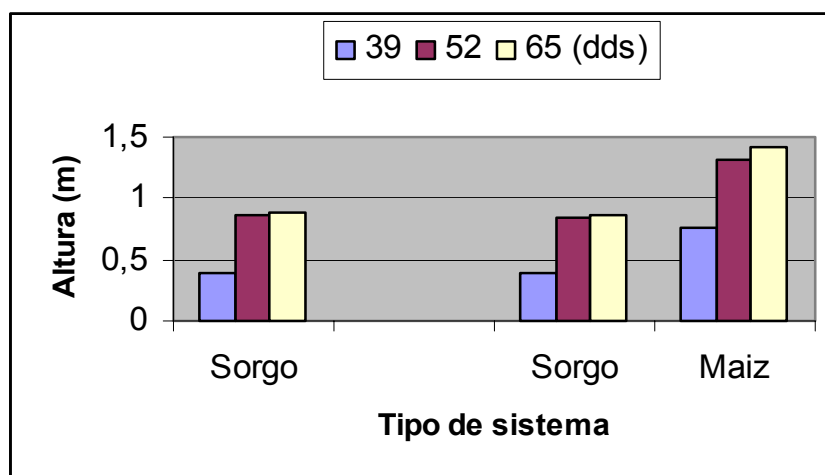
Las alturas de plantas de sorgo y maíz fueron evaluadas durante tres momentos de desarrollo vegetativo. A los 39, 52 y 65 días después de la siembra.

En el sorgo no se encontraron diferencias significativas en ninguno de los tres momentos en que se realizaron las mediciones de la altura de planta. En la Figura 2, se puede apreciar, que en las tres fechas de muestreo, el tratamiento sorgo como monocultivo alcanzó alturas muy similares respecto al sorgo asociado. Esto confirma lo planteado por Howkins (1982), quien observó que al asociar sorgo con maíz, el crecimiento de ambos cultivos es independiente, es decir, que no compiten.

Los resultados obtenidos en los dos sistemas en estudio son similares a los encontrados por Pérez & Suárez (2003), determinando alturas promedio de 0.89 m a los 65 días después de la siembra, con dosis de fertilizante nitrogenado de 82 y 112 kg ha<sup>-1</sup>. Esto demuestra que la variable altura, para el cultivo del sorgo no depende de fertilizar de forma inorgánica, por lo

tanto el uso del frijol mungo (*Vigna radiata*) como abono verde, es una importante alternativa para suministrar nutrientes al cultivo y este pueda desarrollarse sin limitaciones.

En el caso del maíz la altura medida a los 65 días después de la siembra fue de 1.43 m, este valor es menor a los encontrados por Arnesto & Benavides (2003), que al evaluar diferentes dosis de fertilización nitrogenada (75 y 150 kg ha<sup>-1</sup>), encontró alturas de 1.62 m y 1.51 m para la variedad NB-S respectivamente; esto probablemente se deba a la mayor densidad de siembra usada (62,0500) en comparación a las utilizadas en el presente estudio (28,000 pts/ha), comprobando lo descrito por Cuadra (1991), citado por Hernández (2002), quien afirma que la altura de la planta de maíz está determinada por la densidad poblacional.



**Figura 2.** Efecto de los tratamientos sobre la variable altura de sorgo y maíz a los 39, 52 y 65 días después de la siembra.

#### 4.2. Diámetro del tallo

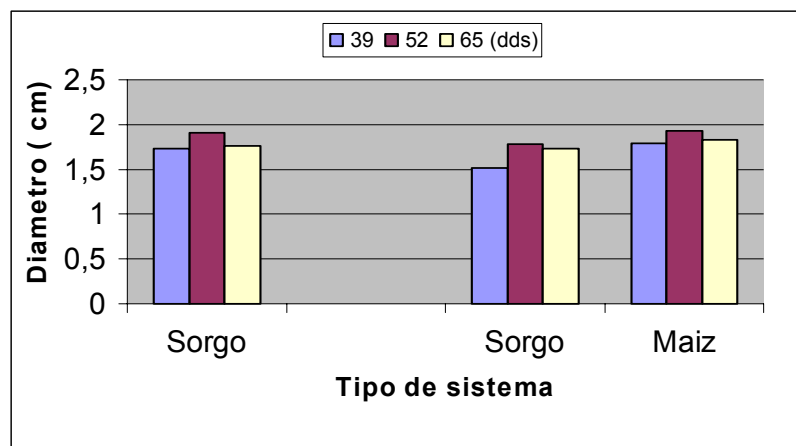
Phoelman (1985), afirma que el diámetro del tallo en el sorgo tiene una gran importancia para la obtención de altos rendimientos. Este aumenta en relación a la cantidad de nudos (7 a 24) por lo cual se explica que las variedades tardías tengan tallos más gruesos que los precoces (Wall & Ross, 1975).

En el cultivo del maíz, el diámetro del tallo también es una característica de suma importancia, y este se puede ver afectado por diferentes densidades de siembra, contenido de nutrientes (nitrógeno) y la competencia por luz, lo que provoca una elongación de los mismos favoreciendo el acame de las plantas (Alvarado & Centeno, 1994).

El análisis de varianza (ANDEVA) realizado a la variable diámetro del tallo del sorgo, en los tres momentos de medición, no mostró diferencias significativas entre los tratamientos en estudios, lo cual demuestra que el diámetro del tallo también es independiente en cada cultivo.

En la Figura 3, se puede observar que la variable diámetro del tallo de sorgo, el mayor valor numérico se obtuvo en el tratamiento sorgo como monocultivo sobre el tratamiento sorgo asociado con maíz. (1.73 y 1.76 cm). Estos valores son mayores a los encontrados por Suárez & Zeledón (2003), al evaluar dosis de nitrogenado de: 82 y 112 kg ha<sup>-1</sup>, obtuvieron diámetros de 1.24 y 1.29 cm en la variedad tortillero precoz, lo que indica, que al incorporar frijol mungo como abono verde, este resulta ser una fuente alternativa importante de nutrientes para el cultivo.

Para el caso del maíz el diámetro del tallo fue de 1.83 cm, este valor es menor al encontrado por Arnesto & Benavides (2003), que al fertilizar con 75 y 150 kg N ha<sup>-1</sup> lograron diámetros de 2.22 cm y 2.28 cm respectivamente en la variedad NB-S; otros estudios realizados por Bucardo & Mejia (1999), al evaluar diferentes fechas de incorporación de frijol mungo encontraron diámetros de 1.92 cm, quedando en evidencia que al incorporar mungo se obtienen diámetros satisfactorios en el cultivo del maíz.



**Figura 3.** Efecto de los tratamientos sobre la variable diámetro del tallo de sorgo y maíz a los 39, 52 y 65 días después de la siembra.

#### 4.3. Número de hojas

Las hojas son los principales órganos de la fotosíntesis, y junto con la absorción de nutrientes influyen en el crecimiento y rendimiento de los cultivos (Compton, 1990).

En el sorgo el número de hojas varía de 7 a 24 según la variedad y la longitud del período de crecimiento (Compton, 1990). En plantas bien adaptadas hay comúnmente de 14 a 16 hojas, pero especies menos adaptadas pueden tener hasta 30 hojas (Somarriba, 1998).

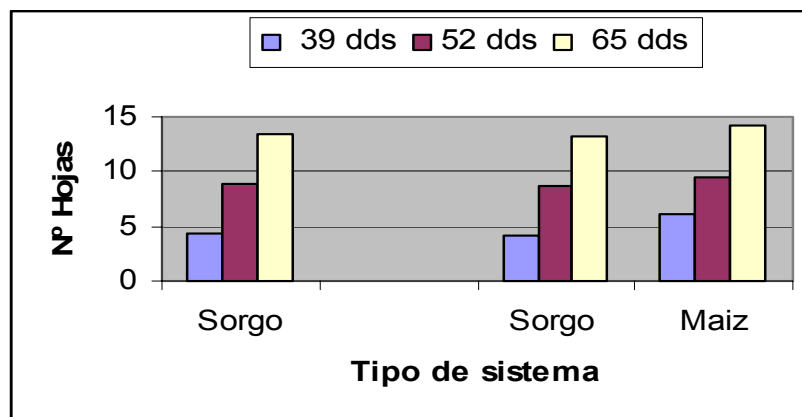
En el caso del maíz, el número de hojas por plantas es variable, encontrándose de 8 a 24 hojas. El número más frecuente es de 12 a 18 hojas, con un promedio de catorce. Este número de hojas depende del número de nudos del tallo, ya que de cada nudo emerge una hoja (Robles, 1990).

El análisis estadístico para la variable, número de hojas en las plantas de sorgo se realizó a los 39, 52 y 65 días después de la siembra, mostró que no existen diferencias significativas en los tratamientos. Podemos atribuir que la materia orgánica incorporada contribuyó a que hubiera un incremento similar en el número de hojas, conllevando a que no existieran diferencias significativas en los tratamientos.

En la Figura 4, se puede apreciar que en las tres fechas de muestreo, el tratamiento sorgo como monocultivo obtuvo los mayores valores numéricos por encima del tratamiento sorgo asociado con maíz.

Estudios realizados por Suárez & Zeledón (2003), en el cultivo del sorgo variedad tortillero precoz, encontró que al aplicar 112 kg ha<sup>-1</sup> de fertilizante nitrogenado, alcanzaron un promedio de 8 hojas por planta; Manzanares & Hernández (2003), utilizando mungo como vía de fertilización obtuvieron 12 hojas por planta. En el presente estudio se logró promedio de 13 hojas por planta demostrándose que al incorporar mungo a los 45 dds hay un mayor efecto en cuanto a la producción de número de hojas en el sorgo.

En el maíz, el número de hojas en la última medición a los 65 días después de la siembra fue de 14 hojas formadas. Este dato es superior a los encontrados por Arnesto & Benavides (2003), al evaluar diferentes dosis de fertilizante nitrogenado (75 y 150 kg ha<sup>-1</sup>), obtuvieron un promedio de 13 hojas formadas en la variedad NB-S. El mayor número de hojas formadas en el presente estudio demuestra las bondades de utilizar mungo como abono verde y su eficaz incorporación a los 45 días después de la siembra.



**Figura 4.** Efecto de los tratamientos sobre la variable número de hojas a los 39, 52 y 65 días después de la siembra.



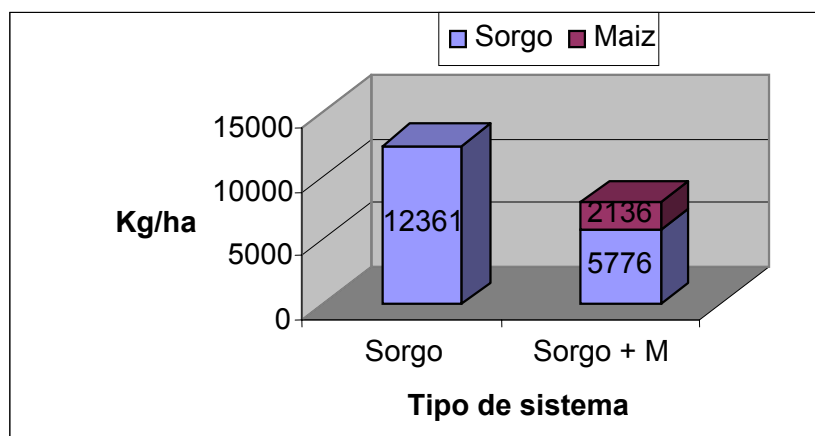
#### 4.4. Biomasa seca producida

Los tallos y follaje de los cereales se utilizan frecuentemente como alimento para el ganado mayor y menor en época seca (MAG, 1998), siendo así la biomasa seca un factor importante para la alimentación del ganado en tiempo de escasez de alimento.

Los rendimientos de biomasa seca se pueden incrementar mediante varias prácticas agropecuarias, tales como: la aplicación de fertilizantes, riego y otras (Compton, 1990). Cabe mencionar que la biomasa seca producida se calculó únicamente, para hojas y tallos de las plantas de sorgo y maíz.

El análisis de varianza que se realizó a la variable materia seca producida, muestra que existen diferencias significativas entre los tratamientos, revelando dos categorías estadísticas.

En la Figura 5, se observan los valores obtenidos de los tratamientos en estudio, los cuales muestran que el tratamiento sorgo como monocultivo alcanzó los mayores rendimientos de biomasa seca con  $12,361 \text{ kg ha}^{-1}$  superando al tratamiento sorgo asociado con maíz que alcanzó,  $7,912 \text{ kg ha}^{-1}$ ; esto probablemente se deba a la mayor densidad de siembra del sistema sorgo como monocultivo y la menor densidad de siembra del maíz en el asocio.



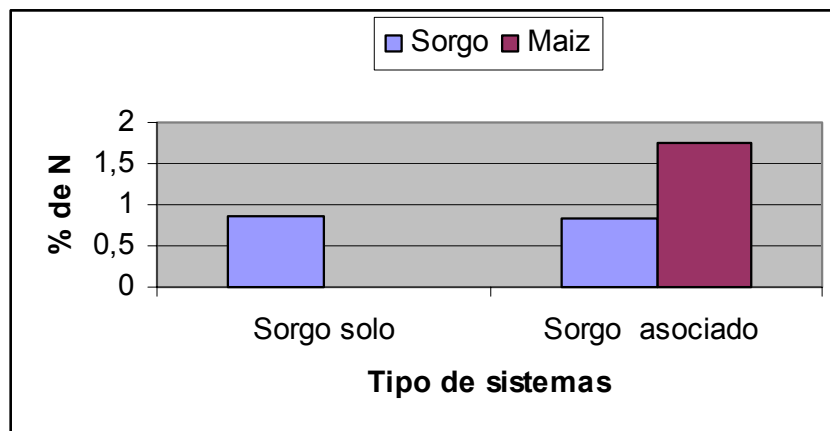
**Figura 5.** Producción de biomasa seca en  $\text{kg ha}^{-1}$  para los tratamientos evaluados

#### **4.5. Porcentaje de Nitrógeno en biomasa (%)**

El contenido de nitrógeno en las plantas promedia de 2 a 4 %. La deficiencia de nitrógeno limita la división y expansión de las células y por ende el crecimiento de la planta (Paúl, 1990). Según Villalobos (2001), el nitrógeno permite el crecimiento vegetativo y reproductivo de las plantas, no sólo por estar involucrado en la captación de la energía solar, sino en la distribución y síntesis de moléculas que participan en el crecimiento celular.

El análisis de varianza realizado para la variable porcentaje de nitrógeno en biomasa, en el sorgo monocultivo, no encontró diferencias significativas respecto al sorgo asociado, aunque numéricamente el sorgo monocultivo fue el que extrajo mayor porcentaje de nitrógeno en biomasa con 0.87 %, en tanto que en el sorgo en asocio fue de 0.84 % (Figura 6). Es importante, sin embargo, resaltar que la extracción promedio por el sistema asociado (sorgo + maíz) fue de 1.29 % de N, lo que evidencia una vez más que las extracciones se aumentan por la presencia de maíz, quien alcanzó un valor de 1,74 % de N en su biomasa, este valor es más alto que el reportado por García (2000), de 1.38 % cuando los productores aplicaban  $53 \text{ kg N ha}^{-1}$  de forma mineral en la variedad NB-S.

Estudios realizados por Reyes & Romero (2003), al evaluar diferentes dosis de nitrógeno mineral (50, 82 y  $112 \text{ kg N ha}^{-1}$ ), en la variedad tortillero precoz encontraron porcentajes de nitrógeno en biomasa de 0.55, 0.63 y 0.74 % respectivamente; estos valores son menores a los encontrados en este estudio (0.84 y 0.87 %), lo que determina que al utilizar mungo como fuente de nitrógeno la absorción es mejor, lo que puede estar dado por la lenta disponibilidad del nitrógeno, lo que no ocurre cuando se utiliza fertilizante sintético, los que son de más alta solubilidad y con ello aumenta la probabilidad de que las pérdidas por lixiviación sean mayores y con ello disminuye la cantidad disponible para el cultivo.



**Figura 6.** Porcentaje de nitrógeno en biomasa por cada tratamiento evaluado

#### **4.6. Porcentaje de nitrógeno en grano (%)**

El nitrógeno juega un rol importante en los cereales, su función la ejerce aumentando los rendimientos de los cultivos Este elemento es absorbido por las raíces en forma nítrica ( $\text{NO}_3^-$ ), de asimilación rápida por todas las plantas y de forma amoniacal ( $\text{NH}_4^+$ ), cuya intensidad de absorción varía según las distintas especies vegetales (Salmeron & García, 1994).

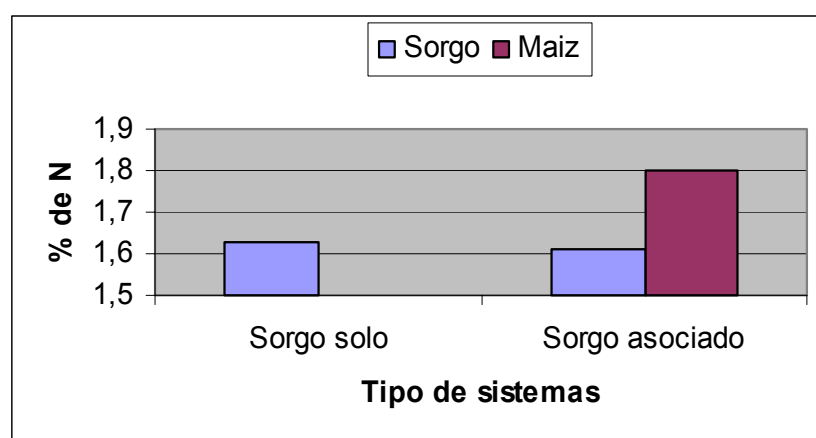
El análisis de varianza realizado para la variable porcentaje de nitrógeno en grano, en el sorgo, muestra que no existe diferencia significativa entre sembrarlo solo o asociado.

Los resultados mostraron que el sorgo como monocultivo fue el que extrajo mayor porcentaje de nitrógeno en grano con 1.63 % superando numéricamente al sorgo en asocio que extrajo 1.61 % de nitrógeno, esto puede verse en la Figura 7.

Estudios realizados por Suárez & Zeledón (2003), encontraron un porcentaje de nitrógeno en grano de 1.53 y 1.58 %, al aplicar 82 y 112 kg N ha<sup>-1</sup> en la variedad tortillero precoz, cuyo resultado es menor a los encontrados en el presente estudio (1.63 y 1.61 %); lo que demuestra una vez más que al utilizar mungo como fuente de nutrientes el cultivo hace un

mejor uso del nitrógeno que se libera durante el proceso de mineralización, lo cual se expresa en términos de rendimiento de grano.

En el asocio, la extracción promedio por sistema es de 1.75 % de nitrógeno, lo que afirma una vez más que las extracciones se aumentan por la presencia del maíz, quien alcanzó un valor 1.8 % de nitrógeno en el grano, este valor es superior al 1.49 % reportado por García (2000), cuando los productores aplicaban 53 kg N ha<sup>-1</sup> de forma mineral en la variedad NB-S.



**Figura 7.** Porcentaje de nitrógeno en grano para los tratatamientos

#### 4.7. Rendimiento de grano

El rendimiento del grano es afectado por un sinnúmero de factores tanto biológicos como ambientales que se correlacionan para luego expresarse en producción por hectárea (Paúl, 1990).

Uno de esos factores es la ingesta de nutrientes, los cuales son indispensables para el crecimiento de la planta de sorgo y el rendimiento final. Según Miller (1980), la fertilidad del suelo no es suficiente para mantener la producción máxima de un cultivo; por lo que se requiere aplicar cantidades adicionales.

Según Somarriba (1998), el maíz al igual que otras plantas no puede producir altos rendimientos a menos que exista disponibilidad de nutrientes en cantidades suficientes en el suelo.

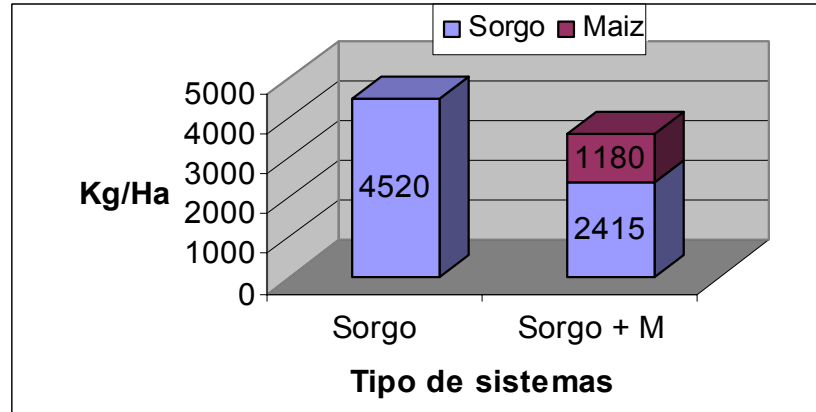
Para Lemcoff & Loomis (1986), el rendimiento está en dependencia de la calidad, cantidad y tamaño de los granos, sobre todo cuando está fuertemente influenciado por el buen suministro de nitrógeno.

El análisis estadístico realizado a los tratamientos sobre la variable rendimiento de grano mostró diferencias significativas entre los tratamientos, separándose en dos categorías estadísticas.

La Figura 8, muestra que el tratamiento sorgo como monocultivo, alcanzó un mayor rendimiento de grano ( $4,520 \text{ kg ha}^{-1}$ ) superando al asocio en un 20.5 %. Los rendimientos en el sistema asociado pudieron haber sido iguales o mayores al sistema monocultivo si la densidad de siembra en el maíz hubiese sido mayor.

Estudios realizados por Santos (1984), mostraron que al asociar variedades de sorgo con maíz, los rendimientos por unidad de área no son afectados.

De acuerdo a conversaciones con los productores de las fincas donde se realizaron este y otros ensayos, los rendimientos por hectárea de maíz son alrededor de  $1,136 \text{ kg}$  y de sorgo alrededor de  $1,300 \text{ kg}$ , con aplicaciones de  $90 \text{ kg } 12-30-10$  y  $45 \text{ kg}$  de urea por  $\text{ha}^{-1}$ . El uso de mungo como fuente de nutrientes produjo casi cuatro veces más sorgo y dos veces más maíz que los rendimientos que obtienen los productores de la zona con fertilización química.



**Figura 8.** Comportamiento del rendimiento de los tratamientos en estudio

#### 4.8. Propiedades químicas

##### 4.8.1 El pH del suelo

La acidez del suelo medida a través del pH del mismo, representa la concentración de iones hidrógeno, pero este es a su vez, el resultado de la combinación de un gran número de interacciones entre los componentes químicos del suelo. Cualquier variación de esta medida tiene como consecuencia la alteración de muchos de estos componentes que intervienen, por lo que resulta muy complejo establecer la causa directa de la respuesta de los cultivos a los cambios de la acidez (Cepeda, 1991).

La influencia del pH en el crecimiento vegetal se ejerce a través de muchos factores, entre los que cabe destacar los siguientes: toxicidad de los iones hidrogeno, aluminio y manganeso; deficiencia de calcio, fósforo y molibdeno, fijación del nitrógeno atmosférico; humificación y mineralización de la materia orgánica, absorción de elementos nutritivos en función de su disponibilidad, etc. (Domínguez, 1997)

De ello resulta muy complejo en condiciones naturales controlar las variaciones de pH en los suelos, en las que incluso distintas zonas u horizontes pueden tener valores muy diferentes. En consecuencia, el sistema radicular de una planta debe enfrentarse a condiciones diversas de acidez en el espacio y el tiempo, estableciendo los mecanismos de

adaptación a estas variaciones en el medio, no solo en pH, sino también a las consecuencias que de este se desprenden como la disponibilidad a niveles adecuados o a niveles tóxicos.

Las variaciones de pH por efecto de los tratamientos evaluados, se presentan en la Tabla 3, donde se puede observar que en el tratamiento sorgo como monocultivo, el pH bajó 0.2 unidades y en el tratamiento sorgo más maíz bajó 0.1 unidades en comparación con el valor inicial, esto demuestra que el uso de abonos verdes como fuente de nutrientes, no genera cambios bruscos de pH, lo que demuestra que al incorporar materia orgánica proveniente del frijol mungo no afecta la condición de acidez o alcalinidad del suelo.

La pequeña disminución de pH se puede atribuir a que la materia orgánica a lo largo de su descomposición libera ácidos, que pudieran generar un pequeño cambio en el estado de acidez, estos cambios además de ser leves, son temporales. El tiempo de este efecto depende de la capacidad tampón del mismo, lo que hace que el suelo vuelva a su estado de acidez original evitando cambio brusco de pH durante la descomposición.

#### **4.8.2. Materia orgánica**

Se conoce como materia orgánica del suelo al conjunto de residuos vegetales y animales de todas clases en diferentes grados de descomposición y transformación por acción de los microorganismos que a su vez se integran en dicho conjunto. En el suelo se produce de modo continuo un proceso de destrucción y de generación de materia orgánica de tal modo que en el suelo se establece un equilibrio entre los volúmenes de materiales orgánicos incorporados con los de la materia orgánica destruida (Domínguez, 1990).

La materia orgánica de los suelos es la fuente principal de nitrógeno y aporta cantidades importantes de fósforo para los cultivos, de manera que las aplicaciones continuas de residuos orgánicos a los suelos, no solo crea mejores condiciones físicas para el desarrollo de los mismos, sino también aumenta considerablemente el suministro de nitrógeno, fósforo y las reservas totales de estos elementos (Vega, 2001).

Al evaluar el efecto de los sistemas de manejo (tratamientos) sobre la materia orgánica del suelo, se observó que los contenidos de materia de esta se incrementaron en más de un 100 % en ambos tratamientos respecto al valor inicial. En la Tabla 3 se presentan las variaciones de la materia orgánica al final del ensayo.

El aumento de la materia orgánica en ambas áreas donde se establecieron los tratamientos, se puede atribuir a que la biomasa producida por la maleza fue incorporada junto con el mungo (azadón), la preparación del suelo no se hizo mecanizada, como tradicionalmente se hacía, lo que aumenta la degradación de la materia orgánica esto coincide con lo dicho por Teuscher y Adler (1987), quienes aseguran que cuando la producción de materia orgánica es mayor que la destruida, aumenta sus contenidos en el suelo.

#### **4.8.3. Nitrógeno del suelo**

El nitrógeno es el elemento más limitante en la productividad de muchos suelos. Según Fassbender & Bornemisza (1987), casi la totalidad del nitrógeno nativo del suelo proviene de la materia orgánica, de ello se deduce que cualquier efecto ya sea positivo o negativo sobre la misma se verá reflejado también en el nitrógeno del suelo. Menciona también, que casi la totalidad del nitrógeno utilizado por los cultivos penetra en las raíces en forma de ion nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) y como ion amonio ( $\text{NH}_4^+$ ) cuyo contenido varía ampliamente según el contenido de materia orgánica oscilando en términos medios entre 2 y 4 por ciento.

Entre los factores edafológicos que controlan el contenido de nitrógeno tenemos, en primer lugar, la microbiología del suelo, su reacción, su contenido de humedad y la relación carbono nitrógeno del material vegetal que anualmente se incorpora al suelo (Salmeron & García, 1994).

El comportamiento del nitrógeno en este estudio, siguió el patrón de comportamiento de la materia orgánica, produciéndose un aumento en los dos tratamientos, ya que el nitrógeno está ligado a los contenidos de materia orgánica. En relación al valor inicial de nitrógeno el tratamiento sorgo asociado con maíz aumentó su contenido en un 300 %, superando al



sorgo como monocultivo que amplió su contenido en 160 %. En la Tabla 3 se presenta el análisis de nitrógeno.

Es notorio destacar también, que el aumento en un 2 % de la materia orgánica significa también un incremento aproximado de 40 kg de N ha<sup>-1</sup> a la reserva del suelo. En el presente estudio, en los dos sistemas evaluados la materia orgánica aumentó en un promedio de 1.6 %, el cual contribuye en 32 kg de N ha<sup>-1</sup> a la reserva del suelo, lo que equivale a 68.18 kg de urea al 46 % cantidad que se aproxima a la aplicación que tradicionalmente hacen los productores, y que transformados a dinero serían 400 córdobas que el productor ya no tiene que gastar de su bolsillo.

**Tabla 3.** Análisis químico de suelo de algunos parámetros determinados antes de la siembra y después de la cosecha de los cultivos.

Tratamientos	pH	M.O.	N
	H <sub>2</sub> O	%	
Valor inicial	7.3	1.14	0.05
Sorgo	7.1	2.74	0.13
Sorgo + M	7.2	2.71	0.20

M.O. = materia orgánica, N = nitrógeno, pH = grado de acidez del suelo

#### 4.8.4. El fósforo de los suelos

El fósforo del suelo se puede separar en dos categorías generales: fósforo inorgánico y fósforo orgánico. El fósforo inorgánico comprende numerosos compuestos que pueden clasificarse en dos grupos.

- 1- Fosfatos de calcio. Son los predominantes y los que tienen mayor importancia desde el punto de vista agrícola. El fosfato tricálcico es insoluble y por tanto, no asimilable por las plantas. Los fosfatos monocálcicos y bicálcicos, son solubles, pero están en pequeñas cantidades debido a que se transforman con facilidad en compuestos insolubles

2- .fosfatos de hierro y aluminio. Son muy solubles y estables en suelos ácidos (Fuentes, 1994).

La materia orgánica tiene una función especial en hacer al fósforo más fácilmente aprovechable en los suelos. Al descomponerse la materia orgánica libera citratos, oxalatos, tartratos y lactatos los cuales se combinan más fácilmente con hierro y aluminio que con el fósforo. El resultado es la formación de menos hierro soluble y fosfato de aluminio y la disponibilidad de más fósforo.

En las dos áreas donde se establecieron los tratamientos evaluados, se observó un incremento de fósforo en el suelo (Tabla 3). Las variaciones en los dos tratamientos fueron considerables, en el sorgo solo aumentó en 114 % con respecto al valor inicial superando al sorgo asociado con maíz que aumentó en un 100 %. Esto muestra que al incorporar materia orgánica en el suelo se produce un aumento en el contenido de fósforo total en los suelos.

El contenido de fósforo total en los suelos parece estar ligado con el contenido de materia orgánica, así que también esta hace que el fósforo esté más disponible en el suelo. La asimilación de fósforo se favorece cuando hay un buen nivel de materia orgánica y fósforo en el suelo, de aquí se deduce la importancia de aporte de materia orgánica.

#### **4.8.5. El potasio del suelo**

En la solución del suelo, la concentración del ion potasio ( $K^+$ ) es entre 0.2-1.0 mili equivalentes por litro (Domínguez, 1997). En los suelos de Nicaragua, por su condición volcánica, pueden alcanzar valores de hasta 2 meq/100 g de suelo, lo que equivale a aproximadamente a unos 1,900 kg de  $K_2O$  disponible para los cultivos (Salmeron & García, 1994). El contenido del área donde se desarrolló el estudio se clasifica como alto.

El comportamiento del potasio del suelo por efecto de los tratamientos en estudio (Tabla 4), mostró que en el tratamiento sorgo como monocultivo se obtuvo al final del ciclo, un mayor valor que en el sorgo asociado con maíz, pero cabe destacar que en ambos

tratamientos disminuyeron en 67.5 y 72 % respectivamente en relación al valor inicial. Estas disminuciones de potasio, pudieron deberse a la alta capacidad extractora tanto del sorgo como del maíz, pudiendo ser mayor cuando ambos cultivos se combinan como se puede observar en la Tabla 4. Debe considerarse también por un lado, que la incorporación de leguminosas o de abonos verdes en general no implica adiciones considerables de potasio como ocurre con el nitrógeno, fósforos y azufre y por otro, que aun cuando se pueda incorporar ciertas cantidades de potasio, este es muy soluble y muy fácilmente lixiviable.

En el caso del potasio, es importante considerar el comportamiento de la relación Mg/K la cual tenía un valor inicial de 8.3, pues producto de la disminución del potasio, la relación subió hasta valores de 13.4 para sorgo como monocultivo y 16 para sorgo más maíz., lo cual estaría evidenciando la necesidad en un futuro de aplicaciones adicionales de potasio para evitar deficiencias de este elemento, y con ello afectar también la absorción de nitrógeno por el cultivo.

#### **4.8.6. Capacidad de intercambio catiónico (CIC)**

La capacidad de intercambio catiónico aumentó de una manera similar en los dos tratamientos evaluados respecto al valor inicial (Tabla 4), en general estos valores de CIC se consideran altos, esto demuestra que la cantidad de cationes que pueden ser desplazados hacia la solución del suelo puede ser alta.

El aumento de la CIC en los tratamientos probablemente se deba al incremento de la materia orgánica, Klinge (1980), citado por Cepeda (1991), plantea que al aumentar progresivamente el contenido de materia orgánica aumenta la CIC, lo cual es positivo pues con ello aumenta la capacidad de almacenamiento de nutrientes por el suelo.

**Tabla 4.** Análisis químico de suelo (Fósforo, potasio y capacidad de intercambio cationico) antes de la siembra y después de la cosecha de los cultivos.

Tratamientos	ppm	meq / 100 g suelo	
	P	K	CIC
Valor inicial	8.03	0.83	42.3
Sorgo	17.20	0.27	44.93
Sorgo + Maiz	16.06	0.23	46.10

P = fosforo, K = potasio, CIC = capacidad de intercambio cationico, ppm = partes por millon

## 4.9. Balance aparente de nutrientes

### 4.9.1. Entradas

Las entradas son un aporte al sistema, es decir, una adición sumatoria o contribución de nutrientes desde afuera hacia dentro del sistema. Las entradas a considerar están referidas a la incorporación de fertilizantes minerales u orgánicos al suelo.

En los sistemas en estudio, las entradas de nutrientes fueron obtenidas a partir de muestras de biomasa colectadas del mungo, las cuales se enviaron al laboratorio y se sometieron a análisis de N, P y K.

En la Tabla 5, se presentan las entradas de nitrógeno, fósforo y potasio en  $\text{kg ha}^{-1}$ . La tabla muestra que los dos sistemas recibieron las mismas entradas de nutrientes (NPK), puesto que la incorporación de la biomasa del mungo fue la única entrada nutrientes en ambos sistemas.

Este estudio muestra que al utilizar mungo como abono verde e incorporarlo a los 45 días después de la siembra de los cultivos (maíz, sorgo), este aporta cantidades de nutrientes (NPK) que pueden suplir las necesidades nutritivas de los cultivos y probablemente aportan cantidades significativas de nitrógeno, fósforo y potasio a las reservas del suelo.

#### **4.9.2. Salidas**

Las salidas son las pérdidas de nutriente de un determinado sistema, a través de la extracción por las plantas y posterior consumo o venta de los productos y otras pérdidas de nutrientes causadas por erosión, lixiviación y volatilización. Cabe señalar que en los dos sistemas en estudio casi todos los restos de cosecha fueron exportados, exceptuando las raíces de las plantas.

En los dos sistemas de manejo las salidas de nutrientes fueron obtenidas a partir de la información de los análisis de laboratorio de muestras de plantas, ya que no se cuenta con estudios de pérdidas de nutrientes por erosión, ni aparatos especializados para medir las pérdidas causadas por lixiviación y volatilización.

En la Tabla 5, se puede observar las salidas de nutrientes (NPK) en los dos sistemas en estudio. Con la salida del producto (grano) y de los residuos de cosecha (biomasa, panojas, olotes y tuzas) en ambos sistemas, se exportan los nutrientes.

La mayor salida de nutrientes (NPK) corresponde al sistema sorgo como monocultivo, esto se asigna a que este obtuvo un mayor rendimiento de grano que el sistema sorgo asociado con maíz, y a la mayor densidad de plantas por hectárea y por consiguiente una mayor producción de biomasa.

#### **4.9.3. Balance**

La salida de nutrientes por las cosechas y la exportación por los rastrojos, influyen grandemente en los balances de nutrientes de los sistemas de producción, pero una adecuada aplicación de fertilizante (vía mineral u orgánica), sumada a buenas precipitaciones y regular condiciones de suelo, dan como producto balances en equilibrio.

En la Tabla 5, se presenta el balance aparente de nutrientes durante la época (postrera), que comprendió el estudio; donde se determina que en los dos sistemas de manejo las entradas

de nutrientes aportadas por la incorporación de biomasa de mungo son mayores a las salidas, presentando así un balance positivo en ambos sistemas evaluados.

Los dos sistemas en estudio recibieron la misma cantidad de nutrientes, pero el sistema sorgo solo tuvo mayores salidas de nutrientes (NPK) en comparación con el sistema sorgo asociado con maíz. Esto se debe al mayor rendimiento de grano y superior producción de biomasa del sorgo como monocultivo, lo que dio como resultado un mejor balance aparente en el sistema combinado.

**Tabla 5.** Balance aparente de nutrientes en los dos sistemas de manejo

Tipos de sistemas	Entradas (kg/ha)			Salidas (kg/ha)			Balance (E-S) (kg/ha)		
	N	P	K	N	P	K	N	P	K
Sorgo	209.9	76.5	129.2	192.7	64	120	17.2	12.5	9.2
Sorgo +	209.9	76.5	129.2	91.9	40	51.6	54.19	26.06	56.41
Maíz				63.7	10.44	21.19			

+ = mas, kg/ha = kilogramos por Hectárea

E-S = entradas menos las salidas

## V. Conclusiones

El sorgo como monocultivo superó al sorgo asociado con maíz, en las tres variables, durante las tres fechas de evaluación (altura de la planta, número de hojas y diámetro del tallo) pero sin diferencias significativas.

Los rendimientos en los dos sistemas en estudio, se diferenciaron estadísticamente, siendo el sistema sorgo solo el que presentó el mayor rendimiento con 4520 kg ha<sup>-1</sup>, superando al sistema en asocio en un 20.5%.

La materia seca producida en los sistemas en estudio, se diferencia estadísticamente, siendo el sistema sorgo solo el que obtuvo la mayor cantidad de materia seca producida con 12,361 kg ha<sup>-1</sup>, superando al asocio que alcanzó 7,912 kg ha<sup>-1</sup>.

El porcentaje de nitrógeno en grano y biomasa en ambos sistemas de manejo no se diferenció estadísticamente.

El balance aparente de nutrientes en los dos sistemas estudiados, fue positivo en el nitrógeno, fósforo y potasio, siendo el sistema sorgo asociado con maíz el que presentó el mejor balance aparente; ya que extrajo menos cantidad de nitrógeno, fósforo y potasio en comparación a lo extraído por el sistema sorgo solo.

Las propiedades químicas del suelo como: materia orgánica, nitrógeno, fósforo y capacidad de intercambio catiónico aumentaron su contenido en el suelo, en ambos sistemas en estudio, con respecto a su contenido inicial; contrario a lo sucedido con el pH que disminuyó levemente y el potasio que bajó bruscamente su contenido final con respecto al valor inicial, en ambos sistemas.

## **VI. Recomendaciones**

Realizar la siembra del mungo quince días después de sembrado el cultivo principal, ya sea como monocultivo o en asocio, e incorporar 30 días después de su siembra.

Realizar estudios en los que se determine el efecto residual del mungo, de manera que pueda establecerse la periodicidad del uso del mungo como abono verde.

Realizar un análisis financiero para determinar la rentabilidad del uso de esta tecnología

Realizar aplicaciones adicionales de potasio para suplir la demanda de los cultivos y mantener el nivel de suministro de este nutriente.



## **VII. Bibliografía consultada**

**Aguilera, M & Cortés, C.** 1997. Efecto de diferentes dosis de abonos orgánicos en el cultivo habichuela (*Phaseolus vulgaris* L). Trabajo de tesis. 42 p.

**Alemán, F & Tercero, M.** 1991. Inventario de la información generada en agronomía (relación clima -suelo- planta-hombre) en granos básicos: arroz, maíz, sorgo y frijol en Nicaragua. PRIAG/UNA. Managua, Nicaragua. 72 p.

**Alvarado, F. R & Centeno, A. C.** 1994. Efecto de sistema de labranzas, rotación y control de malezas sobre la cenosis de las malezas y crecimiento, desarrollo y rendimiento de los cultivos de maíz (*Zea mays* L.) y sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench). Tesis Ing. Agrónomo. Universidad Nacional Agraria (UNA). Managua, Nicaragua. 100 p.

**Aragón, O. E.** 2004. Efecto de cuatro densidades de siembra y niveles de fertilización nitrogenada sobre el rendimiento de grano del cultivo del sorgo (*Sorghum bicolor* [L] Moench). Tesis, Ing. Agrónomo. Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua. 46 p

**Arnesto, Z. G & Benavides, S. V.** 2003. Evaluación del efecto de la fertilización mineral y orgánica (gallinaza) en el crecimiento y rendimiento del cultivo del maíz (*Zea mays* L) variedad NB-S en la estación experimental “La Compañía”, época de primera. Tesis, Ing. Agrónomo. Universidad Nacional Agraria. Managua Nicaragua. 60 p.

**Binder, U.** 1997. Manual de leguminosas de Nicaragua, Tomo II. Editorial, Taller Gráfico de los Monjes Agustinos, Sta Cruz, Estelí. 528 p.

**Bejarano, S. W & Maldonado, R. J.** 1999. Balance aparente de nutrientes en la zona norte central de Nicaragua (Matagalpa, Jinotega). Tesis, Ing. Agrónomo. Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua. 83 p.

**Buckman & Brady.** 1985. Naturaleza y propiedades de los suelos. Traducido por Barceló, R, S. México Hispanoamérica, S. A. de C. V. 590 p.

**Buol, S. W; Hole, F, D & McCracken, R. J.** 1990. Génesis y clasificación de suelos. 2da edición. Ed. Trillas. México. P 262- 268.

**Bucardo, H. E & Mejia, A. M.** 1999. Evaluación de diferentes fechas de incorporación del frijol mungo (*Vigna radiata*) en asocio con maíz (*Zea mays L*). Tesis, Ing. Agrónomo. Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua. 51 p.

**Cantillano, R. E & McCoy, H. G.** 2002. Balance aparente de nutrientes (N, P, K) en unidades de producción de Tisma, departamento de Masaya. Tesis, Ing. Agrónomo. Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua 54 p.

**CATIE.** 1986. Sistemas agroforestales: principio y aplicación en los trópicos. San José, Costa Rica. 219 p.

**CATIE** 1991a. *Gliricidia sepium* (Jacquin) Kunth ex Walper. Especies de árboles de uso múltiple en América Central. Proyecto de árboles de uso múltiple en América Central (MADELEÑA). 79 p.

**CATIE** 1991 b. *Leucaena leucocephala* (Lam. De Wit). Especies de árboles de uso múltiple en América Central. Turrialba Costa Rica. Proyecto de árboles de uso múltiple en América Central. (MAEDELEÑA). 52 P.

**Cepeda, M.** 1991. Química de suelos. Editorial Trillas. México. 168 p.

**CNIGB.** 1991. La producción de sorgo granifero (*Sorghum bicolor L. Moench*) en Nicaragua bajo condiciones de secano. Managua, Nicaragua .32 p

**Compton. L. P.** 1990. Agronomía del sorgo. ICRISAD/CIMMYT. India. 30. p.

- Compton, P.** 1990. Agronomía del sorgo. Centa, 301 p.
- Cooke, E. W.** 1981. Fertilizantes y sus usos. Editorial C.E.C.S.A. México. 86 p.
- Cuadra, R. M.** 1988. Efecto de diferentes niveles de nitrógeno, espaciamento, poblaciones sobre crecimiento, desarrollo y rendimiento de sorgo. Managua, Nicaragua.
- Domínguez, V. A.** 1990. El abono de los cultivos. Madrid, España. 182 p.
- Domínguez, V. A.** 1997. Tratado de fertilización. Editorial Mundi Prensa. Madrid, España. 148 p.
- Demolón, L. P.** 1975. La investigación en sistemas de protección con sorgo en Honduras. Aspectos agronómicos. INSART. México, D.f. 270 p.
- David, V.** 1991. Comportamiento de 12 procedencia de *Gliricidia sepium* (Jacq) bajo el sistema de cultivos en callejones en condiciones de “El Recreo” bosque trópico húmedo. Tesis, Ing. Forestal. Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua. 51 p.
- Escobar, L.** 1990. Dinámica del nitrógeno en un cultivo en callejones de poro (*Eritrina poeppigiana* [Walper] O.F. Cook) y madero negro *Gliricidia sepium* (Jacq) Steud con frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) Turrialba, Costa Rica. 98 p.
- FAO.** 1996. El sorgo y el mijo en la nutrición humana. Roma, Italia. 197. p
- FAO.** 2002. FAO producción yerbok. Vol. 56. Roma, Italia. P 92.
- Fassbender, W. & Bornemisza, E.** 1987. Química de suelos con énfasis en América Latina. 2da. Ed. C, R. IICA. 420 p.

**Foth, D.** 1987. Fundamentos de la ciencia del suelo. 3 ed. México. Compañía Editorial, S. A. de C. V., México 433 p.

**Fuentes, Y. J.** 1994. El suelo y los fertilizantes. Editorial, Mundi Prensa. Madrid, España. P 117 – 194.

**Greert, J & Vega, E.** 1992. La materia orgánica en el suelo y la aplicación de abonos orgánicos. Documento para capacitación, folleto número 14. p 26.

**García, C. L.** 2000. Balance aparente de nutrientes en dos zonas climáticas contrastante. Memoria taller resultados, FAO-UNA. Managua, Nicaragua. 39p.

**Hernández, E. D & Mendoza, P. M.** 2002. Evaluación de los diferentes efluentes de cerdo como bioabono sobre el crecimiento y el rendimiento del cultivo de maíz (*Zea mays* L.) y las propiedades químicas del suelo. Tesis, Ing. Agrónomo. Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua. 46 p.

**Howkins, W. L.** 1982. Alternativa de manejo para el sistema maíz/sorgo. Jocoro, El Salvador. 187 p.

**IRENA .** 1992 a. Nota técnica numero 5. *Leucaena leucocephala*. Managua, Nicaragua.

**IRENA .** 1992 b. Nota técnica numero 18. Cultivo en callejones. Managua, Nicaragua.

**INTA.** 1999. Cultivo de sorgo. Guía tecnológica 5. Managua, Nicaragua. 23 p

**INTA.** 2002. Catalogo de variedades mejoradas de granos básicos. Managua, Nicaragua. 11 p.

**Jiménez, J. M.** 1990. Análisis de crecimiento y fenología del maíz (*Zea mays*, L.C.J. Tuzpeño) en el cultivo en callejones con poro (*Eritrina poeppigiana*), Walpers, O.F. Cook, plantado a cuatro arreglos espaciales. Turrialba, Costa Rica. 124 p.

**Kass, D.** 1996. Fertilidad de suelos. San José, Costa Rica. 272 p.

**Labrador, J. M.** 1996. La materia orgánica de los agroecosistemas. Madrid, España. 174 p.

**Lampkin, N.** 1998. Agricultura ecológica. 1ra edición. Madrid, España. 725 p.

**Lemcoff, J. M & Loomis, R. S.** 1986. Nitrogen on yield determination on maize crop science, USA. Vol, 26. p 36.

**Loáisiga, L.** 2002. Granos básicos: el maíz. Managua, Nicaragua. P 3-15.

**López, J.** 1990. Establecimiento del ensayo Agroforestal Maíz (*Zea mays* L), *mas Gliricidia sepium* y *Leucaena leucocephala*. Tesis, Ing. Agrónomo. Managua, Nicaragua. 40 p.

**MAG.** 1998. Información anual de granos básicos en Nicaragua. MAGFOR. 32 p.

**Manzanares, R. R & Hernández, G. R.** 2004. Evaluación del efecto de la fuente de nitrógeno y del fraccionamiento de la fertilización en el rendimiento del sorgo para grano (*Sorghum bicolor* (L) Moench) y uso eficiente del nitrógeno. Tesis, Ing. Agrónomo. Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua. 45 p.

**Mendieta, L. M.** 1986. Texto básico de agroforestería. Managua, Nicaragua. 108 p.

**Michaelis, G & Vanegas, O.** 1986. Leguminosas forrajeras de Nicaragua.

**Miller, F. R.** 1980. Crecimiento y desarrollo del sorgo (*Sorghum bicolor* [L] Moech), FAO. Producción y protección vegetal. Roma, Italia. 135 p.

**MIP/ZAMORANO-COSUDE.** 1996. Manual de manejo integrado de plagas en el cultivo del maíz. Zamorano, Honduras.

**Montagnini, F.** 1992. Sistemas agroforestales: Principios y aplicaciones en los trópicos. Segunda Edición. San José, Costa Rica. 234 p.

**Monterrey, C. C.** 1997. Dosis y momentos de aplicación de fertilizante nitrogenado: efecto sobre el crecimiento y rendimiento en el cultivo de sorgo granífero (*Sorghum bicolor* [L] Moench). Tesis, Ing. Agrónomo. Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua. 42 p.

**Morales, J.** 1996. Conservación de suelo y agua. Tomo II, Managua Nicaragua. 346 p.

**Paniagua, V. A.** 1991. Metodología de fraccionamiento de fósforo del suelo, en un sistema de cultivos en callejones. Tesis MSC. Turrialba, Costa Rica. CATIE.

**Paúl, C. L.** 1990. Agronomía del sorgo. CENTA. El salvador. 115 p.

**Pérez, M & Suárez, M.** 2003. Uso eficiente del nitrógeno por cuatro variedades de sorgo granífero (*Sorghum bicolor*. L. Moench). Tesis, Ing. Agrónomo. Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua 30 p.

**Phoelman, C.** 1985. Mejoramiento genético de las cosechas de sorgo (*Sorghum bicolor* [L] Moech). Universidad de Missouri. Editorial Limusa. México, DF. 302 p.

**Pineda, L. L.** 1990. Manejo adecuado de la densidad siembra del sorgo. Boleta informativa. Managua, Nicaragua. 8 p.

**Porta, F. D & Lopez, L. L.** 1994. Edafología para la agricultura y el medio ambiente. Edición Mundi Prensa, Madrid, España. 807 p.

**PROMESA.** 2002. Catalogo de semillas híbridas y variedades. Managua, Nicaragua. 40 p.

**Restrepo, R. J.** 1996. Aportes de los abonos verdes usados en la agricultura orgánica como cobertura. Cali, Colombia. 11 p.

**Reyes, G. V & Romero, V A.** 2003. Uso eficiente del nitrógeno por cuatro variedades de sorgo granifero (*Sorghum bicolor* [L] Moench). Tesis, Ing. Agrónomo. Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua. 51 p.

**Robles, S. R.** 1990. Producción de granos y forrajes. Editorial Limusa. México. 600 p.

**Rodríguez. R, L.** 1993. Evaluación de cultivos en callejones de *Leucaena leucocephala* y *Gliricidia Sepium* asociados con el cultivo del maíz (*Zea mays* L). Tesis, Ing. Agrónomo. Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua. 1993. 51 p.

**Salmeron, M. F & García, C. L.** 1994. Fertilidad y fertilización de los suelos. Texto básico.UNA. Managua, Nicaragua. 197 p.

**Santos, G. E.** 1984. Sistemas de producción. XXX Reunión anual PCCMCA. Managua, Nicaragua. p 10-16.

**Silva, S. E.** 1990. Influencia y dotación de cultivo y métodos de control de la cenosis de malezas y crecimiento, desarrollo y rendimiento del sorgo (*Sorghum bicolor* [L] Moench). Tesis, Ing. Agrónomo. Managua, Nicaragua. 53 p.

**Soule, M. J.** 1987. Evaluación campesina del frijol abono empleado como abono verde en Veracruz, México. Documento de NRG 97-02 México, D.F. 24 p`.

**Suárez, M & Zeledón, J.** 2003: Uso eficiente del nitrógeno por cuatro variedades de sorgo granifero (*Sorghum bicolor*. [L]. Moech), en el municipio de San Ramón, Matagalpa. Tesis, Ing. Agrónomo. Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua p 15 –18.

**Teuscher, W & Adler, J.** 1987. El suelo y su fertilidad. México. Compañía Editorial Continental S. A. 510 p.

**Somarriba, R. C.** 1998. Texto de granos básicos. Escuela de producción vegetal. UNA. Managua, Nicaragua. 197 p.

**Trenbath, B. B.** 1974. Biomasa productivity in mixtures advan, in Agron. P 26.

**Vega, N. I.** 2001. Evaluación de diferentes efluentes de cerdo como bioabono sobre el crecimiento y rendimiento de los cultivos maíz (*Zea mays* L) y sorgo (*Sorghum bicolor* [L] Moench) y las propiedades químicas de los suelos. Managua, Nicaragua. 67 p.

**Villalobos, R. E.** 2001. Fisiología de los cultivos tropicales. Editorial de la Universidad. San José, Costa Rica. 203 p.

**Vieira, J; Fischler, M; Marin, X & Sauer, E.** 1999. Manejo integrado de la fertilidad de suelo en zonas de ladera (Sistema de producción de granos básicos – pequeña ganadería). San Salvador, El Salvador. 136 p.

**Wall, J & Ross, W.** 1975. Producción y uso de sorgo. Hemisferio sur Buenos Aires. 20p.

**Wild, A.** 1992. Condiciones del suelo y desarrollo de las plantas según Rusell. Versión Española. 1045 p.

**Zea, J. L.** 1992. Efecto residual de intercalar leguminosas sobre el rendimiento del maíz (*Zea mays* L) en nueve localidades de Centro América, Guatemala; CIMMYT Regional. Maíz programa. P 103.



**Zeledón, Z. N & Cáceres, G. C.** 1999. Evolución de cultivos en callejones de *Leucaena leucocephala* (Lam) de Witt y *Gliricidia sepium* Jacq (stend), asociado con el cultivo de maíz (*Zea mays* L). Tesis Ing. Agr. Universidad Nacional Agraria (UNA). Managua, Nicaragua. 37 p

## VIII. Anexos

**Anexo 1.** Producción de biomasa seca (Ton/ha) y análisis de NPK (%) del mungo.

	Biomasa seca	Nitrógeno	Fósforo	Potasio
Mungo	8.5	2.47	0.90	1.52

**Anexo 2.** Tabla de medias y análisis estadístico de la variable altura (cm)

Tratamiento	Altura (cm)	Altura (cm)	Altura (cm)
	35 dds	52 dds	65 dds
Sorgo	40.50	87.60	89.10
Sorgo +	39.73	85.89	86.86
Maíz	76.56	131.10	143.73
ANDEVA	NS	NS	NS
C. V. (%)	4.44	1.10	3.78

dds = días después de la siembra cm = centímetros

C.V = coeficiente de variación (%) = porcentaje

**Anexo 3.** Tabla de medias y análisis estadístico de la variable diámetro del tallo (cm).

Tratamientos	Diámetro (cm)	Diámetro (cm)	Diámetro (cm)
	39 dds	52 dds	65 dds
Sorgo	1.54	1.82	1.76
Sorgo +	1.51	1.78	1.73
Maíz	1.79	1.93	1.83
ANDEVA	NS	NS	NS
C. V. %	2.21	1.93	2.86

dds = días después de la siembra cm = centímetro

C.V = coeficiente de variación (%) = porcentaje

**Anexo 4.** Tabla de medias y análisis estadístico de la variable número de hojas.

Tratamientos	Nº. de h/Pta	Nº. de h/Pta	Nº. de h/Pta
	39dds	52dds	65dds
Sorgo	4.36	8.86	13.46
Sorgo +	4.23	8.73	13.26
Maíz	6.03	9.42	14.22
ANDEVA	NS	NS	NS
C. V. %	5.72	2.72	3.22

dds = días después de la siembra

Nº. de h/Pta = numero de hojas por planta

C:V = coeficiente de variacio (%) = porcentaje

**Anexo 5.** Tabla de medias y análisis estadístico de las variables rendimiento y biomasa seca expresada  $\text{kg ha}^{-1}$ .

Tratamientos	Rendimiento del grano	Biomasa seca producida
Sorgo monocultivo	4,520	12,361
Sorgo + Maíz	3,595	7,912
ANDEVA	*	**
C.V. %	3.58	1.18

\* = significativo \*\* = altamente significativo

C.V = coeficiente de variación

**Anexo 6.** Tabla de medias y análisis estadístico de las variables nitrógeno en grano y nitrógeno en biomasa expresado en porcentaje (%)

Tratamientos	Nitrógeno en grano	Nitrógeno en biomasa
Sorgo monocultivo	1.63	0.87
Sorgo + Maíz	1.61	0.84
ANDEVA	NS	NS
C.V. %	0.71	0.81

NS = no significativo C.V = coeficiente de variación

**Anexo 7.** Tabla de resultado de análisis de plantas

PARTES VEGETALES	CONTENIDO (%)		
	NITROGENO	FOSFORO	POTASIO
<b>SORGO MONOCULTIVO</b>			
GRANO	1.63	0.66	0.44
BIOMASA	0.87	0.25	0.75
PANOJA	0.96	0.27	0.56
<b>SORGO ASOCIADO</b>			
GRANO	1.61	0.65	0.39
BIOMASA	0.84	0.39	0.70
PANOJA	1.06	0.45	0.62
<b>MAIZ</b>			
GRANO	1.8	1.53	0.38
BIOMASA	1.74	0.17	0.65
TUZA	0.98	0.16	0.19
OLOTES	0.82	0.1	0.65