

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
FACULTAD DE AGRONOMIA**



TRABAJO DE DIPLOMA

**EVALUACIÓN DE DIFERENTES EFLUENTES DE CERDO COMO BIOABONO
SOBRE EL CRECIMIENTO Y EL RENDIMIENTO DEL CULTIVO DEL SORGO
(*Sorghum bicolor* L. Moench) Y LAS PROPIEDADES QUÍMICAS DEL SUELO.**

AUTORES:

**Br. LUIS MANUEL OLIVAS VANEGAS
Br. CARLOS ANDRÉS SEQUEIRA TÉLLEZ**

ASESOR:

M Sc IRMA L. VEGA NORORI

**MANAGUA, NICARAGUA
ABRIL, 2002.**

DEDICATORIA

A **Dios** por darme la vida y sabiduría para poder concluir exitosamente con mi profesión.

A mi **Madre Rosinda Vanegas** y a mi **padre Atanacio Olivas**, por su valioso e importante apoyo incondicional a lo largo de toda mi vida.

A mis hermanas: **Lilliam, Yadira e Hilda**, por su apoyo económico y moral a lo largo de mi carrera profesional.

A todas las personas que de una u otra forma contribuyeron en mi formación profesional.

Luis Manuel Olivas Vanegas

DEDICATORIA

Dedico éste trabajo a **Dios** todo poderoso, a quien le debo todos mis logros y sobre todo por haberme dado la existencia, por acompañarme en los momentos difíciles, brindarme protección y hacer que alcanzara las metas propuestas.

A mi **familia** que sólo gracias a ella pudo ser posible la culminación de mis estudios.

Especialmente a mis padres, **Amantyna Téllez** y **René Sequeira** a quien debo la formación de mis valores y principios.

A mis hermanos **Luis René** y **Carlos René** de quienes he recibido su apoyo incondicional.

A todas aquellas personas que de una u otra forma han contribuido en mi formación profesional.

Carlos Andrés Sequeira Téllez.

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a:

- Todas aquellas personas que desinteresadamente hicieron posible a que se culminara con éste trabajo, y de manera muy especial a nuestra asesora MSc. **Irma Vega Norori**, por habernos brindado la oportunidad de realizar éste trabajo, así como por su ayuda incondicional, sin la cual no hubiese sido posible la realización de éste trabajo de investigación.
- MSc. **Isabel Chavarria**, por facilitarnos el equipo de computación.
- Departamento de Producción Vegetal, especialmente a **Carolina Padilla** por habernos brindado su ayuda incondicional.
- Dirección de Servicios Estudiantiles por su ayuda y atención brindada sin la cual no hubiese sido posible la culminación de nuestros estudios.
- Los docentes de la Universidad Nacional Agraria por su aporte en nuestra formación profesional.
- Todas aquellas personas que de una u otra manera contribuyeron en la elaboración de éste trabajo.

Luis Manuel Olivas Vanegas
Carlos Andrés Sequeira Téllez

INDICE DE CONTENIDO

Sección	Página
INDICE DE TABLAS	i
ÍNDICE DE FIGURAS	ii
INDICE DE ANEXO	iii
RESUMEN	iv
I-INTRODUCCIÓN	1
OBJETIVOS	4
II-MATERIALES Y MÉTODOS	5
2.1. Ubicación del experimento	5
2.2. Descripción del diseño y los tratamientos	6
2.3. Dimensión y descripción de la unidad experimental	7
2.4. Variables evaluadas	7
2.5. Manejo agronómico	9
III-RESULTADOS Y DISCUSIÓN	10
3.1. Efecto de diferentes efluentes de cerdo sobre el crecimiento y rendimiento del sorgo	10
3.1.1. Altura de planta	10
3.1.2. Altura de inserción de panoja	11
3.1.3. Diámetro del tallo	11
3.1.4. Población	13
3.1.5. Número de panojas cosechadas	14
3.1.6. Longitud de excercion de panoja	14
3.1.7. Longitud de panoja	15
3.1.8. Numero de granos por panoja	16
3.1.9. Peso de mil granos	17
3.1.10. Rendimiento de grano	18
3.1.11. Peso seco de paja	19
3.2. Comportamiento del pH, materia orgánica, los macro elementos (N, P, K) y los micro elementos (Cu y Zn) en el suelo al finalizar el experimento	20

3.2.1. El pH de los suelos	20
3.2.2. Materia orgánica	22
3.2.3. Nitrógeno del suelo	23
3.2.4. El fósforo de los suelos	24
3.2.5. Potasio del suelo	25
3.2.6. Comportamiento de los micro elementos cobre y zinc	27
IV-CONCLUSIONES	30
V-RECOMENDACIONES	31
VI-REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	32
VII-ANEXOS	35

INDICE DE TABLAS

Tabla	Página
1. Principales propiedades químicas y físicas de los suelos de Tisma (análisis inicial)	6
2. Descripción de los tratamientos utilizados en el experimento	6
3. Características químicas de los efluentes utilizados en el ensayo	7
4. Efecto de la fertilización orgánica e inorgánica sobre la altura de planta (cm), altura de inserción de panoja (cm) y el diámetro del tallo (mm). Postrera del 2000, Tisma	12
5. Efecto de la fertilización orgánica e inorgánica sobre la población de plantas (Plantas/ ha) y numero de panojas cosechadas .Postrera 2000, Tisma	14
6. Efecto de la fertilización orgánica e inorgánica sobre la longitud de excercion de panoja (cm), longitud de panoja (cm) y numero de granos por panoja . Postrera 2000, Tisma	17
7. Efecto de la fertilización orgánica e inorgánica sobre el peso de mil granos (g), rendimiento (kg/ha) y peso seco de la paja (kg/ha). Postrera 2000, Tisma	20
8. Efecto de los tratamientos sobre el pH del suelo en la zona de estudio	22
9. Análisis químico del suelo después de la cosecha del cultivo. Diciembre, 2000	26
10. Contenido de cobre y zinc (ppm) antes y después del experimento en la localidad	29

INDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1. Climadiagrama de Tisma (2000), según Walter y Lieth, (1960)	5

INDICE DE ANEXO

Tabla	Página
1a. Correlaciones fenotípicas en las variables de crecimiento y rendimiento del cultivo de sorgo (<i>Sorghum bicolor</i> L. Moench.)	36

Resumen

El presente estudio se desarrolló en los terrenos de una finca ubicada en el municipio de Tisma, departamento de Masaya, durante la época de postrera, en el período comprendido de Agosto a Noviembre del año 2000, con el objetivo de evaluar el efecto de diferentes efluentes de cerdo sobre el crecimiento y rendimiento del cultivo del sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) y las propiedades químicas del suelo. El diseño empleado fue de bloques completos al azar (BCA), con cuatro réplicas y seis tratamientos. Los tratamientos fueron: sin fertilización, fertilización inorgánica; 45.4 Kg/ha (12-30-10) a los 15 días después de la siembra más urea (46 %) 202 Kg /ha, fraccionada, dos dosis de efluentes de cerdos alimentados con desperdicios de cocina (4,100.4 l/ha y 6,150.4 l/ha) y dos dosis de efluentes de cerdos alimentados con concentrado (6,049.4 l/ha y 9,074.0 l/ha). A los datos de las variables evaluadas se les aplicó un análisis de varianza (ANDEVA) y separación de medias por Tukey al 95 y 99 % de confianza. La mayoría de las variables evaluadas no presentaron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos, entre ellas se mencionan: altura de plantas, diámetro del tallo, población, número de panojas cosechadas, excerción de panoja y peso de mil granos. Las variables altura de inserción de panoja, longitud de panoja, número de granos por panoja, rendimiento de grano, peso seco de paja, sí presentaron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos en estudio. El sorgo híbrido cultivado en un suelo perturbado responde mejor a la fertilización inorgánica. Tanto la fertilización orgánica como inorgánica disminuyeron el pH del suelo. Los biofertilizantes favorecieron el contenido de materia orgánica y de nitrógeno en el suelo. El contenido de fósforo aumentó levemente, mientras que el de potasio disminuyó levemente. No se determinó toxicidad por el contenido de cobre y zinc presente en el suelo.

-I. INTRODUCCIÓN

El cultivo del sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) ha sido históricamente cultivado para la producción de granos y forraje en casi todos los países tropicales y subtropicales del mundo (Stoskopf, 1985).

En Nicaragua, en la segunda mitad de la década de los años sesenta alcanza la categoría de cultivo alimenticio, siendo actualmente el cultivo que le sigue en importancia al maíz tanto en área sembrada como en volumen de producción (Somarriba, 1997).

El sorgo ocupa el 16 por ciento del área sembrada por los granos básicos, lo que lo cataloga como un cultivo alimenticio de importancia en Nicaragua. Del consumo total actual el 56 por ciento es utilizado en la elaboración de alimentos concentrados para la industria avícola, porcina y bovina, el 44 por ciento restante de la producción de sorgo se utiliza para la alimentación humana, principalmente como sorgo de endosperma blanco (Pineda, 1991).

La producción sorguera para uso industrial es manejada por el sector empresarial privado, organizado en la Asociación Nacional de Productores de Sorgo (ANPROSOR) con una participación del sesenta por ciento del área de siembra y un sesenta y cinco por ciento de la producción nacional. El resto de la producción está en manos de los pequeños productores privados o cooperativizados (Pineda, 1991).

Según el Banco Central de Nicaragua (1999-2000) afirma que el rendimiento promedio nacional es de 2433 Kg/ha, lo que indica que a pesar de su importancia, los niveles de producción están por debajo de los rendimientos potenciales del cultivo. Esta baja producción puede deberse al hecho de que la mayoría de nuestros productores aún utilizan tecnología tradicional (MAG, 1991).

Desde hace algún tiempo la sociedad está demandando que la agricultura sea más respetuosa con el medio ambiente y en particular que se reduzcan las posibles fuentes de contaminación producidas por las prácticas agrícolas (Iglesias, 1997).

Actualmente, la información que existe sobre fertilización orgánica en sorgo es escasa y no concluyente, existen limitaciones en la producción de sorgo, entre las que puede citarse el uso de fertilizantes inorgánicos que representan altos costos para los pequeños y medianos productores, de ahí que se requiere encontrar técnicas alternativas de fertilización con abonos orgánicos que reduzcan los costos de producción, mejore los productos agrícolas y mantengan los niveles productivos del suelo (Vega, 2001).

La experiencia ha demostrado que la transición de la agricultura convencional a la agricultura orgánica conlleva ciertos riesgos como rendimientos bajos, incremento de ataque de plagas y enfermedades, pero una vez superado el período transicional, que puede ser de varios años, los productores encontrarán que sus sistemas de producción serán más estables, más productivos y libres de pesticidas y otras sustancias nocivas (Higa y Parr, 1995).

El uso del estiércol líquido como abono en predios de pequeños y medianos agricultores con medios económicos reducidos es importante, debido a que éstos reducen los costos, a la vez enriquecen el suelo y disminuyen los riesgos de contaminación, así mismo, ofrece ventajas como una absorción inmediata en el suelo, incluso en épocas de sequía. La conservación de la parte líquida del estiércol es de primordial importancia, debido a que éste se utiliza como fertilizante para los cultivos agrícolas, y es el subproducto de mayor valor de una finca (Simpson, 1991).

Muchos de los productores de baja escala realizan explotación de autosubsistencia, por lo que las entradas en dinero son reducidas y se destinan a cubrir necesidades de la familia, de tal manera que los recursos para comprar abono son bajos e inexistentes. El uso adecuado de los nutrientes reciclados puede ser en las fincas un aporte importante para mejorar la situación económica y alimenticia de la familia (Vega, 2001).

Trabajos realizados en Egipto donde se comparó el efecto de bioabonos con aplicaciones de abonos minerales sobre diferentes cultivos, demostraron que bajo cantidades de nutrientes netas similares, el bioabono produjo rendimientos más altos que los abonos minerales, estos

resultados fueron explicados por medio del efecto de los micro nutrientes contenidos en el bioabono y que faltaban en el abono mineral (GTZ, 1987).

Los mismos autores encontraron, que en pastos, pueden usar el bioabono en forma mucho más eficiente (GTZ, 1987).

Conociendo lo antes expuesto, es que se propone el uso de fertilizantes orgánicos, a base de efluentes de cerdo como una alternativa para pequeños y medianos productores debido a que tiene un elevado contenido de nitrógeno disponible y elementos menores, así como ser de fácil acceso para pequeños y medianos productores, aprovechando los residuos animales y así reducir la contaminación de aguas superficiales con estiércol y otros desechos orgánicos, mejorar la situación higiénica de los predios y la condición de vida de los productores de forma barata y sostenida.

Es necesario conocer la verdadera problemática contaminante de los residuos ganaderos, hay que determinar su verdadera valoración agronómica y es preciso poner en práctica los tratamientos y métodos de depuración adecuados. En el presente estudio se analiza el efecto de diferentes efluentes de cerdo sobre el crecimiento y rendimiento del sorgo y las principales propiedades químicas del suelo.

Objetivos

General

Evaluar el efecto de diferentes efluentes de cerdos como bioabono, sobre el crecimiento y rendimiento del cultivo del sorgo (*Sorghun bicolor* L. Moench) y las propiedades químicas del suelo.

Específicos

Determinar el efecto de dos tipos de efluentes procedentes de cerdos alimentados con desperdicios de cocina o concentrado sobre las variables de crecimiento y rendimiento del cultivo del sorgo (*Sorghun bicolor* L. Moech).

Evaluar el efecto de dos tipos de efluentes procedentes de cerdos alimentados con desperdicios de cocina o concentrado sobre el pH, contenido de materia orgánica, nitrógeno, fósforo, potasio, zinc y cobre en el suelo, al finalizar el experimento.

II. MATERIALES Y METODOS

2.1.-Ubicación del experimento

El presente estudio se realizó durante la época de postrera (agosto- noviembre), del año 2000, en el Municipio de Tisma, departamento de Masaya, región Oriental y Sur de Nicaragua, cuya altitud es de 70 msnm (metros sobre el nivel del mar) ubicado en las coordenadas 12°04" latitud Norte y 86°01" longitud Oeste, a 34 Km de Managua. El municipio está ubicado dentro de la zona seca tropical, que se caracteriza por una marcada estación seca de seis meses, cuyos suelos presentan una textura franco arcillosa. En la Tabla 1 se expresan las principales propiedades físicas y químicas del lote, en el cual se estableció el experimento.

Las condiciones climáticas que prevalecieron durante el experimento fueron:

Temperatura media anual de 25.9°C, con 896.9 mm de precipitación anual y humedad relativa de 71.8 % (INETER, 2001), las cuales se reflejan en la figura 1.

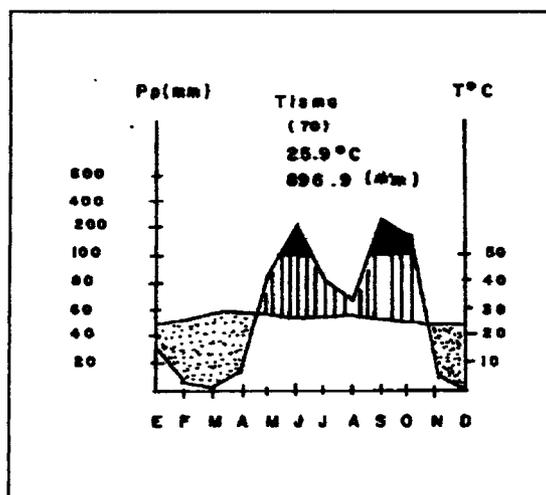


Figura 1. Climadiagrama de Tisma (2000), según Walter & Lieth, (1960).

Tabla 1. Principales propiedades químicas y físicas de los suelos de Tisma (análisis inicial).

LUGAR	pH	P	K	MO	N	Mg	Zn	Cu	Arc	Are	Lim
	H ₂ O	ppm	meq/100	%	%	meq/100	ppm	ppm	%	%	%
Tisma	7.2	20.8	2.98	3.66	0.18	4.18	1.18	2	35	37.5	27.5
	MLA	A	A	M	A						

Fuente: Laboratorio de Suelos y Agua (UNA, 1999)

Rango de clasificación aproximada de Nutrientes en Suelos de Nicaragua (Quintana *et al.*, 1992).

Clave: Arc: Arcilla
 LA: Ligeramente ácido
 MLA: Muy ligeramente alcalino
 Are: Arena
 P: Pobre
 M: Medio
 Lim: Limo
 A: Alto

2.2 Descripción del diseño y los tratamientos

El diseño utilizado fue Bloques Completos al Azar (BCA) en arreglo unifactorial, constituido de seis tratamientos con cuatro réplicas cada uno, como se describe en la Tabla 2. El factor en estudio fue la aplicación de diferentes efluentes de cerdo.

Tabla 2. Descripción de los tratamientos utilizados en el experimento.

TRATAMIENTOS	DESCRIPCIÓN
1	Sin fertilización (testigo absoluto).
2	45.4kg/ha(Fórmula 12-30-10) a los 15dds + Urea (46%) 202 kg/ha, fraccionada (testigo relativo).
3	4 100.4 l/ha de efluente de desperdicios de cocina (aproximadamente 100 kg/ha de nitrógeno)
4	6 150.4 l/ha de efluente de desperdicios de cocina (aproximadamente 150 kg/ha de nitrógeno)
5	6 049.4 l/ha de efluente de concentrado (aproximadamente 100 kg/ha de nitrógeno)
6	9 074.0 l/ha de efluente de concentrado (aproximadamente 150 kg/ha de nitrógeno)

2.3 Dimensión y descripción de la unidad experimental

El ensayo estuvo constituido por seis tratamientos con cuatro réplicas cada uno. Cada parcela experimental tenía 5 metros de longitud y 3.5 metros de ancho para un área total de 17.5 metros cuadrados. El distanciamiento entre parcelas fue de 1.4 metros para un área de 140 metros cuadrados, el distanciamiento entre réplicas fue de 2 metros para un área de 168 metros cuadrados, para efecto de disminuir el error experimental se dejó 2 metros de borde para un área de 232 metros cuadrados, con un área total de 960 metros cuadrados.

El análisis químico de los diferentes tipos de efluentes se detalla en la tabla 3.

Tabla 3. Características químicas de los efluentes utilizados en el ensayo.

EFLUENTE	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Cu	Mn	Zn
			%					ppm	
Desperdicio de cocina	2.39	0.16	0.26	0.16	0.06	225	25	87	37
Concentrado	1.62	0.4	0.34	0.05	0.11	575	100	25	25

Fuente: Laboratorio de Suelos y Agua (UNA, 1999)

2.4 Variables evaluadas

Altura de planta (cm)

Tomada desde la superficie del suelo hasta el ápice de la planta, a los 15, 30 y 45 días después de la emergencia. Estas evaluaciones se realizaron en 10 plantas al azar de la parcela útil.

Altura de inserción de panoja (cm)

Se evaluó a los 65 días después de la siembra, se tomó desde la superficie del suelo hasta la base de la panoja, en 10 plantas al azar de la parcela útil.

Diámetro del tallo (mm)

Se midió a la cosecha en la parte media de la longitud del tallo, en 10 plantas al azar de la parcela útil.

Población

Se contabilizaron las plantas de la parcela útil y se extrapolaron a plantas cosechadas por hectárea.

Número de panojas cosechadas

Se contabilizó el número de panojas cosechadas de cada parcela útil.

Longitud de excerción de panoja (cm)

Tomada de la hoja bandera a la base de la panoja en 10 plantas al azar de la parcela útil.

Longitud de panoja (cm)

Se midió desde la base de la panoja hasta el ápice de la misma en 10 plantas al azar de la parcela útil.

Número de granos por panojas

Se tomaron 10 panojas al azar de la parcela útil y se contó el número de granos.

Peso de mil granos (g)

Se tomaron mil granos de cada parcela útil y posteriormente se pesaron.

Rendimiento de grano en Kg/ha

Se determinó el peso de campo del total de las panojas cosechadas de cada parcela útil, se ajustó al 14 % de humedad para luego expresarse en Kg/ha.

Peso seco de paja Kg/ha

Se determinó en 10 plantas al azar, de la parcela útil, de las cuales se tomó una submuestra y se introdujo al horno por 72 horas a una temperatura de 60°C, midiéndose posteriormente, el peso seco.

Una vez realizada la cosecha del sorgo se tomó una muestra de suelo por tratamiento para determinar el pH, materia orgánica, Nitrógeno, Fósforo, Potasio, Cobre y Zinc para compararla con el análisis inicial (Tabla 1).

Los datos de las variables evaluadas en el cultivo del sorgo se sometieron a un análisis de varianza y a la separación de medias de Tukey, para ello se utilizó el Software SAS. Se elaboro una de correlación de Pearson para este cultivo.

2.5. Manejo agronómico

La preparación del suelo se realizó de forma convencional, que consistió en un pase de arado de discos y dos de grada. La siembra se realizó de forma manual, con una distancia entre hilera de 0.7m, depositando un promedio de 20 semillas por metro lineal. El 30 de Agosto del año 2000 se sembró el híbrido comercial H 887 –V 2 A, cuya floración es a los 52 días y 90 días a la madurez fisiológica.

Fertilización

Las aplicaciones se realizaron a los 15, 30 y 45 días después de la siembra.

Control de malezas.

Se realizó de forma mecánica (utilizando azadón) a los 20 y 40 días después de la siembra.

Cosecha.

Se cosechó de forma manual el 30 de noviembre del año 2000.

III.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Efecto de diferentes efluentes de cerdo sobre el crecimiento y rendimiento del sorgo

3.1.1 Altura de planta

La altura de planta es de mucha importancia para la recolección mecanizada cuyos valores deben oscilar entre 140 a 160 cm, lo que permite una cosecha acorde a la altura de la combinada de granos (Pineda, 1988).

El sorgo tiene un crecimiento lento en sus primeros 25 días después de la siembra, después de los 30 días se acelera (Cristiani, 1987).

La producción de nutrientes del cultivo es acumulada en el tallo y transferida a los granos de la panoja durante el llenado de los mismos. La altura está determinada por la elongación del tallo que se da al acumular en su interior los nutrientes producidos durante la fotosíntesis (Pacheco, 1991) Citado por Vega (2001). Esta influenciada por la humedad, densidad poblacional, temperatura, luz, nutrientes y densidad de siembra (López y Galiato 1982) y el tipo de cultivar (Pineda, 1991).

Monterrey (1997), plantea que la altura de planta está relacionada con los niveles de nutrientes que se encuentran en el suelo. El nitrógeno es el elemento que mayor influencia tiene sobre el crecimiento vigoroso de la planta e influye sobre el proceso de división celular.

En este estudio la altura de planta fue evaluada durante tres etapas del desarrollo vegetativo de la planta de sorgo, a los 15, 30 y 45 días después de la siembra.

En los tres momentos no se detectaron diferencias significativas entre los tratamientos, con respecto a la variable altura (Tabla 4).

Los tallos del híbrido cultivado alcanzaron a los 45 dds alturas que oscilaron entre 106 y 117 cm, valores inferiores a los reportados por Pineda (1988).

Salazar (1994), reportó alturas de plantas de este cereal que variaron entre 86.4 y 125 cm. Generalmente, los híbridos precoces como el H887-V2A presentan alturas reducidas.

La altura de las planta de sorgo a los 45 días después de la siembra está correlacionada positiva y significativamente con la altura de inserción de la panoja y con su longitud (Tabla 1a).

3.1.2 Altura de inserción de panoja

La altura del tallo o caña está determinada por la cantidad y longitud de los entrenudos que lo componen. Excepto el terminal en el que está la panoja, son generalmente más largos y uniformes en la parte media del tallo y más cortos en la base (Wall y Ross, 1975).

La altura de inserción de panoja, al igual que la altura de planta, permite medir el crecimiento del cultivo. Ésta varió de 84.6 a 107.1 cm, valores que difieren significativamente entre sí (Tabla 4). La mayor altura de inserción de panoja se determinó en las parcelas cuya fertilización fue de forma inorgánica, esto se debe a que en este suelo, por estar muy perturbado, los híbridos responden mejor a la fertilización inorgánica que a la orgánica, por ser la primera más soluble que la segunda (Vega, 2001).

En la matriz de correlación de Pearson (Tabla 1a), se puede constatar que la altura de inserción de la panoja se correlacionó positiva y significativamente con la altura a los 45 días después de la siembra, con la longitud de la panoja, el número de granos por panoja, el rendimiento y el peso seco de la paja. Por el contrario, esta correlación fue significativa y negativa con el peso de mil granos.

3.1.3 Diámetro del tallo

Somarriba (1997), define que la caña o tallo, está formada por una serie de nudos y entre nudos, es delgado y muy vigoroso, midiendo de 0.5 a 5 cm de diámetro.

Wall y Ross (1975), definen que el diámetro del tallo aumenta en relación a la cantidad de nudos, esto explica que las variedades tardías tengan tallos más gruesos que los precoces. Esta característica es fuertemente influenciada por las técnicas del cultivo y las condiciones agroecológicas (Castillón, 1993).

Somarriba (1997), expresa que los tallos del sorgo son delgados y tienen poca consistencia cuando se encuentran en el suelo cantidades inferiores a las necesarias de potasio, ofreciendo peligro de acame, en las hojas aparecen quemaduras en la punta y en bordes próximos a ellas, como consecuencia de la deficiencia de este elemento el cultivo presenta bajos rendimientos.

En este estudio el diámetro del tallo osciló entre 10.3 y 11.1 mm (Tabla 4).

Los tratamientos evaluados no ejercieron ningún efecto significativo sobre esta variable.

Tabla 4. Efecto de la fertilización orgánica e inorgánica sobre la altura de la planta (cm), altura de la inserción de la panoja (cm) y el diámetro del tallo (mm). Postrera del 2000, Tisma.

Tratamientos	Altura de plantas de sorgo (cm)			Altura de inserción de panoja (cm)	Diámetro de plantas de sorgo (mm)
	15 dds	30dds	45dds		
Sin fertilización	23.9 a	81.2 a	109 a	86.8 b	10.7 a
Fert. Inorgánica .	24.7 a	80.8 a	117 a	107.1 a	11.1 a
E. coc. 4100.4 l/ha	22.4 a	79.4 a	111 a	90.9 b	10.8 a
E. coc .6150.4 l/ha	25.1 a	80.4 a	106 a	84.6 b	10.4 a
E. conc 6049.4 l/ha	24.8 a	80.6 a	106 a	91.9 b	10.5 a
E.conc 9074.0 l/ha	24.8 a	79.5 a	106 a	87.7 b	10.3 a
Pr	0.66 ns	0.99 ns	0.16 ns	0.0001**	0.62 ns
C. V. (%)	10.42	5.70	5.80	4.6	9.6

Clave : Fert. Inorgánica : Fertilización Inorgánica Pr : Probabilidad
 E. coc : Efluente de cocina C.V: Coeficiente de variación
 E. conc : Efluente de concentrado

El diámetro de tallo se correlacionó positiva y significativamente con la longitud de panoja, el número de granos por panoja, el peso seco y el rendimiento (Tabla 1a). Se correlacionó negativa y significativamente con la población y el número de panojas.

Esto significa que el grosor de las plantas de sorgo será menor en la medida que incremente la población y por ende el número de panojas. Lo que concuerda con lo planteado por Cuadra (2000).

3.1.4- Población

En el sorgo al igual que en otros cultivos, es sumamente importante sembrar la población apropiada de plantas por manzana para conseguir, además de mejorar el rendimiento del grano, una economía hasta de un 57 % en concepto de semilla (Hernández, 1998).

Las variedades y los híbridos de sorgo difieren en su capacidad para tolerar distintas poblaciones de plantas, distintos niveles de fertilización y de riego.

Estos materiales responden de distinta manera a las condiciones difíciles y a la tecnología de producción, sus rendimientos también serán variables (Miller, 1980).

Existen híbridos de sorgo que se desarrollan en altas poblaciones y redundan en mayores rendimientos, porque en poco tiempo cierran calle, sombreando a las malezas y controlándolas (Salazar, 1994). Sin embargo, la homogeneidad de la población depende del método de siembra (Salazar, 1994).

Los requerimientos de población y espaciamientos son influenciados por factores como las características de genotipo, tipo de suelo y su fertilidad, la disponibilidad de humedad en el suelo y el efecto del espaciamiento entre plantas e hileras sobre el costo y la conveniencia de las operaciones como el control de malezas, la cultivación y la cosecha (Hernández, 1998).

La distancia de siembra entre surco en el cultivo del sorgo puede variar desde 8-36 pulgadas, dependiendo del sistema de siembra, de la altura de planta y del método de control de malezas (Hernández, 1998).

La población de plantas osciló entre 266,667 y 319,048 (Tabla 5). Los tratamientos evaluados no ejercieron ningún efecto significativo sobre esta variable. Los tratamientos orgánicos e inorgánicos se aplicaron a partir de los 15 días después de la siembra, período en que las plantas de sorgo estaban establecidas. Esta variable se correlacionó negativamente con el diámetro del tallo, longitud de panoja y el número de granos por panoja. Con el número de panojas cosechadas, su correlación fue positiva y significativa.

3.1.5 -Número de panojas cosechadas

El número de panojas cosechadas no coincide con el número de plantas en la cosecha, ya que el cultivo en todo su ciclo está influenciado por diferentes factores (bióticos y abióticos) que pueden reducir el número de panojas (Vega, 2001).

En este estudio el número de panojas cosechadas por hectárea osciló entre 239,881 y 277,381 (Tabla 5), valores que no difieren significativamente entre sí. Esta variable se correlacionó negativa y significativamente con el diámetro del tallo, la longitud de panoja y el número de granos por panoja (Tabla 1a) es decir, que en la medida en que se incrementa el número de panojas las otras se afectan negativamente. El número de panojas se correlacionó positiva y significativamente con la población. Esto quiere decir que a mayor número de plantas cosechadas mayor será el número de panojas cosechadas.

Tabla 5. Efecto de la fertilización orgánica e inorgánica sobre la población de plantas (Plantas/ ha) y número de panojas cosechadas. Postrera del 2000, Tisma.

Tratamientos	Población	Número de panojas cosechadas
Sin fertilización	266667 a	239881 a
Fertilización Inorgánica	310714 a	277381 a
E. coc . 4100.4 l /ha	285714 a	255952 a
E. coc 6150.4 l /ha	303571 a	275000 a
E. conc . 6049.41 l / ha .	289285 a	264286 a
E. conc .9074.0 l /ha	319048 a	275000 a
Pr	0.34 ns	0.41 ns
C.V.	16.74	15.3

Clave: E .coc : Efluente de cocina Pr : Probabilidad
E. conc :Efluente de concentrado C.V: Coeficiente de variación .

3.1.6 -Longitud de excerción de panoja

Es una prolongación del eje vegetativo llamado pedúnculo que se encuentra entre la panoja y el tallo. Se inicia a partir de la hoja bandera y termina en la primera ramilla de la panoja. Una buena excerción de panoja permite que los granos queden fuera de la vaina de la hoja bandera, lo que reduce el daño por plagas y enfermedades en la parte inferior de la panoja. La excesiva

longitud de excerción de la panoja posibilita el quiebre del pedúnculo y por lo tanto la pérdida de granos (Álvarez y Talavera, 1991).

La longitud de excerción de panoja es considerada de mucha importancia en la recolección mecanizada, si se tienen variedades con poca excerción de panoja al cosecharse ocasiona una mayor cantidad de materia extraña (inerte) ocasionando bajas en la calidad del grano. El crecimiento del pedúnculo inicia en la etapa de la bota, o sea cuando las hojas se han extendido totalmente y es lo que da la excerción a la panoja (Somarriba, 1997).

La excerción está controlada genéticamente, pero factores ambientales adversos, como la deficiencia de agua pueden ejercer efectos pronunciados (Paul, 1990).

En éste estudio la longitud de excerción de panoja osciló entre 21.7 y 19.3 cm (Tabla 6), lo cual es ideal para cosechar el sorgo de forma mecanizada. Los tratamientos en estudio no ejercieron ningún efecto significativo sobre esta variable.

3.1.7 -Longitud de panoja

La panoja es una continuación del eje vegetativo, esta puede ser compacta o suelta, según la distancia entre ramillas, posición, longitud o densidad de las flores por ramas (Paul, 1990). Es de gran importancia en el rendimiento ya que panojas de mayor tamaño tienen mayor número de espiguillas y de granos lo que aumenta el rendimiento (Monterrey, 1997).

Wall y Ross (1975), aseguran que la longitud de la panoja es inversa al ancho de la misma. La panoja de tipo semicerrada y con buena longitud (28 a 31 cm) produce buen rendimiento del grano (Clara, 1998). Esto significa que entre más longitud tenga la panoja menor será su grosor.

Somarriba (1997), plantea que la longitud de la panoja es uno de los componentes de mayor importancia en el rendimiento del sorgo. Esto se traduce en que a mayor longitud de panoja mayor será el número de granos y por ende habrá mayor rendimiento.

El análisis estadístico realizado, demuestra que la longitud de panoja osciló entre 22.3 y 27.4 cm (Tabla 6). Los tratamientos evaluados ejercieron un efecto altamente significativo sobre esta variable.

La fertilización inorgánica permitió que las panojas alcanzaran una mayor longitud, fenómeno que se atribuye a la alta solubilidad de los nutrientes que contiene esta forma de abonado. Se constató que esta variable se correlacionó positiva y significativamente con la altura de inserción de panoja, el diámetro del tallo, el número de granos por panoja, el rendimiento y el peso seco de la paja. La longitud de panoja se afecta negativa y significativamente en la medida que incrementa la población y por ende el número de panojas a cosechar (Tabla 1a).

3.1.8 -Número de granos por panoja

El número de granos es una característica genética propia de cada variedad, que está influenciada por las condiciones ambientales y el manejo que se le dé al cultivo, con frecuencia está más correlacionada con el rendimiento final del grano y está influenciada por el número de inflorescencias, de espiguillas por inflorescencia, florecillas por espiguillas y por la proporción de florecillas que llegan a producir granos (Paul, 1985).

Hernández (1998), plantea que las pérdidas del rendimiento de grano, causadas por la mosquita del sorgo (*Contarinia sorghicola* Coq) pueden llegar hasta el 100% si no se controla. Las larvas se alimentan en el ovario, el cual se arruga y no se desarrolla por lo que no hay formación de grano, causando así menor número de granos por panojas.

En éste estudio el número de granos por panoja osciló entre 449.4 y 793.2 (Tabla 6). Los tratamientos ejercieron un efecto altamente significativo sobre esta variable. Entre éstos se destaca la fertilización inorgánica, que incrementó significativamente el número de granos por panoja. Esto se atribuye a una mejor solubilidad del fertilizante químico, lo que permitió que las plantas de sorgo absorbieran más rápido las sales minerales que necesitan para su crecimiento, lo que se traduce en un mayor número de granos por panoja. Se puede constatar, en la Tabla. 1a, que las variables altura de inserción de panoja, diámetro del tallo, longitud de

panoja, rendimiento y peso seco de la paja se correlacionaron positiva y significativamente con el número de granos por panoja.

Por el contrario, las variables de población, número de panojas y peso de mil granos se correlacionaron negativa y significativamente con esta variable.

Tabla 6. Efecto de la fertilización orgánica e inorgánica sobre la longitud de excerción de Panoja (cm), longitud de panoja (cm) y número de granos por panoja. Postrera del 2000, Tisma.

Tratamientos	Excerción de panoja (cm)	Longitud de panoja (cm)	Número de granos por panojas
Sin fertilizacion	20.8 a	22.5 b	532.0 b
Fer . Inorgánico	21.2 a	27.4 a	793.2 a
E. coc 4100.4 l/ha	19.3 a	23.8 b	536.9 b
E . coc .6150.4 l/ha	20.0 a	22.3 b	449.4 b
E .conc 6049.4 l/ha	21.6 a	23.6 b	562.7 ab
E .conc 9074.0 l/ha	21.7 a	23.3 b	457.0 b
Pr	0.08 ns	0.0001 **	0.003**
C .V.(%)	5.7	6.6	30.1

Clave : Fert . Inorgánica . Fertilización Inorgánica . E. conc . Efluente de concentrado
 E. coc . Efluente de cocina . Pr : Probabilidad
 C.V : Coeficiente de variación .

3.1.9 -Peso de mil granos

El peso de mil granos demuestra la capacidad de trasladar nutrientes al grano, acumulados por las plantas en su desarrollo vegetativo en la etapa reproductiva (Zapata y Orozco, 1991). Éste aumenta después de la polinización enormemente, a veces a un ritmo más rápido que la acumulación de materia seca. Esto se traduce en menor peso del tallo, ya que los materiales nutritivos almacenados pasan de éste a los granos en desarrollo (Miller, 1980).

La disponibilidad de agua durante la fase de llenado de grano influye sobre el peso de éste. Este efecto también depende del tipo de cultivar (Salazar, 1994).

Salmerón y García (1994), indican que la deficiencia de fósforo en los cereales provoca mala formación de espigas y disminuye el peso de los granos.

En este estudio, los tratamientos evaluados no influyeron significativamente sobre el peso de mil granos (Tabla 7). Este osciló entre 22.9 y 25 gramos.

Esta variable se correlacionó negativa y significativamente con la altura de inserción de panoja, el número de granos por panojas, el rendimiento y peso seco (Tabla 1a).

3.1.10 -Rendimiento de grano

El rendimiento del grano es el resultado de un sin número de factores biológicos y ambientales que se correlacionan para luego expresarse en producción por hectárea (Paul, 1985). También el rendimiento determina la eficiencia en la utilización que las plantas hacen de los recursos existentes en el medio, unido también al potencial genético que éstas tengan (Cuadra, 2000).

La ingesta de nutrientes es indispensable para el crecimiento de la planta de sorgo y para su rendimiento final (Miller y Barnes, 1980).

El rendimiento de cualquier cultivo es el resultante de una serie de factores que en su mayoría pueden modificarse en forma artificial, dos de estos son, el nivel nutricional del suelo y la competencia que se genera entre plantas individuales una vez que éstas emergen (Tapia, 1980).

El rendimiento del grano osciló entre 2 790.5 y 5 299.0 Kg/ ha (Tabla 7). Los tratamientos influyeron significativamente sobre estos resultados. El mejor rendimiento se determinó en el tratamiento con fertilización inorgánica, debido a un mejor crecimiento y un mayor número de panojas cosechadas.

Esta aseveración se fundamenta en los resultados de la Tabla 1a. El rendimiento del grano se correlacionó positiva y significativamente con altura de inserción de panoja, el diámetro del tallo, longitud de panoja, el número de granos y el peso seco de paja.

El menor rendimiento se determinó en las parcelas sin fertilizar, éste no difiere significativamente de los tratamientos con efluentes de cerdo. De esto se infiere que en suelos muy perturbados, como el de Tisma, se requiere aplicar cantidades mayores de efluentes que las usadas en este estudio, durante varios años, para que el sorgo híbrido pueda expresar su potencial de rendimiento. La alta solubilidad de los fertilizantes inorgánicos favoreció el crecimiento del híbrido cultivado, lo que combinado con una alta población, se expresó en un mayor rendimiento.

3.1.11 -Peso seco de paja

El sorgo granífero está siendo usado en gran escala por la industria de la alimentación animal, la que cada día demanda mayores cantidades de este grano, usándose también las partes vegetativas de las plantas, como son tallos y hojas para este mismo fin (Alonso, 1972).

La determinación del peso seco de la paja se hace con la finalidad de cuantificar la cantidad de biomasa seca que queda en el campo después de la cosecha, la cual puede ser usada como forraje para rumiantes y equinos durante el periodo seco. Al igual que el rendimiento del grano, la cantidad de rastrojos de sorgo es determinada por la interacción de factores bióticos, abióticos, tecnológicos y socioeconómicos (Vega, 2001).

Miller (1980), plantea que el bajo peso del tallo se debe a que los nutrientes almacenados en éste pasan a la semilla en desarrollo.

En este estudio el peso seco de la paja osciló entre 1,625.0 y 2,364.6 Kg/ha (Tabla 7). Valores que difieren significativamente. El mayor peso seco de la paja se cuantificó en el tratamiento con fertilización inorgánica como resultado de un mejor crecimiento y una buena población.

Tabla 7. Efecto de la fertilización orgánica e inorgánica sobre el peso de mil granos (g), Rendimiento (Kg/ha) y peso seco de la paja (Kg/ha). Postrera del 2000, Tisma.

Tratamientos	Peso de 1000 granos (g)	Rendimiento (Kg/ha)	Peso seco de paja (Kg/ha)
Sin fertilización	22.9 a	2790.5 b	1945.9 ab
Fert. Inorgánica	22.9 a	5299.0 a	2364.6 a
E. coc. 4100.4 l/ha	24.7 a	3170.2 b	2041.6 ab
E. coc. 6150.4 l/ha	24.9 a	2857.1 b	1636.5 b
E. conc .6049.4 l/ha	24.5 a	3507.1 b	1625.0 b
E. conc 9074.0 l/ha	25.0 a	3069.0 b	1684.3 b
Pr	0.18 ns	.0.0001 **	0.003 **
C.V. (%)	8.8	20.9	20.7

Clave : Fert Inorgánica : Fertilización Inorgánica

Pr : Probabilidad

E. coc : Efluente de cocina

C.V: Coeficiente de variación .

E. conc : Efluente de concentrado.

3.2 -Comportamiento del pH, materia orgánica, los macroelementos (N,P,K) y los microelementos (Cu y Zn) en el suelo al finalizar el experimento

El propósito de un análisis de suelo es indicar el o los nutrientes limitantes para la producción, permite calcular la dosis de aplicación para corregir dichas limitaciones (Quintana *et al*, 1992) y permite abonar de una forma más ajustada a las necesidades de los cultivos (Fuentes, 1994). La forma del abonamiento es decisiva, no sólo en la disponibilidad inmediata de los nutrimentos, sino también en la acumulación de los mismos en los suelos hasta niveles tóxicos (Vega, 2001).

Domínguez (1990), indica que el abuso y la mala utilización de los fertilizantes, así como las practicas agrícolas inadecuadas, pueden causar problemas de contaminación principalmente en las aguas, por exceso en el contenido de nitratos en las mismas.

3.2.1 -El pH de los suelos

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 hidrógeno, 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.

El sistema radical de una planta, debe enfrentarse a condiciones diversas de acidez en el espacio y en el tiempo, estableciendo los mecanismos de adaptación a estas variaciones en el medio, no sólo de pH, sino también a las consecuencias que de éste se desprenden como la disponibilidad a niveles adecuados o a niveles tóxicos (Vega, 2001).

Las variaciones de pH producto de los tratamientos evaluados, se presentan en la tabla 8. Se puede observar que en el suelo de Tisma el valor del pH bajó en todos los tratamientos hasta en 0.7 unidades en relación con el valor inicial, siendo la mayor variación en el tratamiento donde se aplicó la mayor cantidad de efluente de concentrado. Este comportamiento de una mayor tendencia a la disminución de pH también está asociado a las condiciones de estos suelos, los cuales han sido intensivamente trabajados en los últimos treinta años, durante los cuales se han aplicado grandes cantidades tanto de fertilizantes como de pesticidas, lo cual pudo impactar negativamente en la capacidad amortiguadora del mismo.

Las variaciones del pH producto de los tratamientos, tendrán también su reflejo en el comportamiento, no sólo de la disponibilidad de otros nutrientes, sino también sobre los rendimientos de los cultivos (Vega, 2001).

Tabla 8. Efecto de los tratamientos sobre el pH del suelo en la zona de estudio.

Tratamientos	Tisma (pH)	
	Valor inicial	Valor Final
	7.2	
Sin fertilización		6.6
Fert. Inorgánica		6.6
E. coc . 4100.4 l/ha		6.8
E. coc . 6150.4 l/ha		6.6
E.conc .6049.4 l/ha		6.6
E.conc .9074.0 l/ha		6.5

Clave: Fert. Inorgánica: Fertilización inorgánica.
E.conc.: Efluente de concentrado.

E.coc.: Efluente de cocina.

3.2.2 -Materia orgánica

Se conoce como materia orgánica del suelo al conjunto de residuos vegetales y animales de todas clases en diferente grado 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 llega a un equilibrio, una vez que las entradas de materiales orgánicos o transformados se igualan con 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 sólo 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 tratamientos sobre la materia orgánica, estos, variaron poco con respecto al valor inicial. En la tabla 9, se presentan los resultados de los análisis de materia orgánica, nitrógeno, fósforo, y potasio al final del ensayo.

En el suelo de Tisma, pudo observarse un aumento mínimo sobre la materia orgánica del suelo, producto del tratamiento con fertilización inorgánica. En los tratamientos con aplicación de efluentes, la materia orgánica aumenta en un rango de 0.4 a 1.01% (Tabla 9).

Es importante destacar que el efecto en los suelos a partir de las aplicaciones de efluente, aparentemente están determinadas por las condiciones de los suelos, en este caso, en suelos intensamente explotados. Efectos similares fueron reportados por Castellón (1993), y afirma que en un período de nueve años se obtuvieron mejores rendimientos promedios con fertilización mineral en un suelo, en tanto que en otro, los mejores rendimientos promedio por el mismo período, los obtuvo con fertilización orgánica a partir de aplicaciones de estiércol licuado de bovinos.

3.2.3 -Nitrógeno del suelo

El nitrógeno es constituyente de los más importantes compuestos y complejos orgánicos de la planta (aminoácidos, proteínas, ácidos nucleicos, clorofila, etc). El contenido de nitrógeno varía entre el 2 y el 4 % de la materia seca (Domínguez, 1990).

El nitrógeno, sin subvalorar al resto de los elementos nutritivos, es el nutriente más importante desde el punto de vista del abonado. Realmente debe considerarse el eje de éste.

Este elemento es absorbido principalmente como ion nitrato (NO_3^-) y como ion amonio (NH_4^+). La absorción es metabólica, es decir con consumo de energía. También pueden ser absorbidos algunos compuestos orgánicos nitrogenados como la forma ureica, aunque de forma muy lenta y poco significativa. En general, la forma ureica es transformada en forma amoniacal y nítrica previamente a su absorción (Domínguez, 1990).

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

El nitrógeno está presente en las fracciones sólidas, líquidas y licuadas de los estiércoles, las formas orgánicas están constituidas casi exclusivamente por amoníaco, la otra parte por lo tanto, para ser utilizada por los cultivos, debe ser mineralizada por los microorganismos. El nitrógeno orgánico está constituido por sustancias muy diversas cuya velocidad de descomposición es muy variada (Vega, 2001).

Al analizar el comportamiento del nitrógeno en el suelo, por estar éste ligado a los contenidos de materia orgánica, se observó un comportamiento similar al de ésta.

El comportamiento del nitrógeno siguió el patrón de la materia orgánica, produciéndose un aumento en los tratamientos con efluentes y muy levemente en el tratamiento con fertilización inorgánica. Las características de la fertilización inorgánica con relación a la solubilidad o disponibilidad, afectó mayormente los rendimientos del sorgo (Tabla 9).

Castillón (1993), afirma que la eficacia agronómica del nitrógeno, no sólo depende de la forma del nitrógeno sino también del tipo de cultivo.

El sorgo es un cultivo que demanda en las primeras etapas de su desarrollo, un porcentaje alto de nitrógeno, de su demanda total, la cual los efluentes no lograron suministrar, por la presencia del nitrógeno en forma orgánica (una buena parte), y por las pérdidas específicas del nitrógeno contenido en los estiércoles licuados, las que según el mismo autor, al momento del esparcimiento, el nitrógeno amoniacal puede perderse por volatilización entre un 20 y 50 %, según las condiciones de viento y humedad del aire, e incrementarse hasta en un 70 %, si las condiciones de suelo lo favorecen. En este sentido, es bien conocido el efecto de los pH alcalinos de los suelos sobre las pérdidas de nitrógeno amoniacal, proceso que pudo haberse favorecido en estas condiciones de suelo alcalino con alta presencia de sales (pH inicial 7.2).

3.2.4 -El fósforo de los suelos

Participa como componente de los ácidos nucleicos, fosfolípidos y sobre todo en los compuestos básicos de la transferencia de energía en la planta (ADP, ATP, etc). El contenido

en la planta varía de 0.1-1.2 % de fósforo que en su mayor parte se encuentra en forma de compuestos orgánico (Domínguez, 1990).

La planta absorbe el fósforo en forma de fosfato monobásico principalmente (PO_4H_2^-) y también aunque en menor medida como fosfato bibásico (PO_4H^{2-}). Se considera que el primero es absorbido metabólicamente. En la absorción del fósforo influyen la temperatura, el pH, la humedad y la aireación.

En el suelo hay numerosos grupos de fosfatos unidos, ya sea al hierro, al aluminio a óxidos, que es favorecido por pH ácidos. A pH alcalinos la unión de fósforo ocurre con el calcio, disminuyendo su disponibilidad para los cultivos (Vega, 2001).

Los biofertilizantes reducen la fijación del fósforo por metales pesados como el hierro y aluminio en suelos ácidos y ligeramente ácidos, esto es producto de la reacción de moléculas orgánicas con estos elementos (quelatos), de esta forma aumenta la disponibilidad de fósforo en la solución del suelo, estimula a los microorganismos benéficos nativos lo que favorece la nutrición fosfatada y otros elementos (Higa y Windiana, 1998).

En el suelo hubo un incremento en el contenido de fósforo asimilable. Las variaciones fueron mínimas en cuanto al valor inicial, producto del efecto de los tratamientos, lo cual se debió a los altos niveles de fósforo disponible (según análisis inicial), en estas condiciones la respuesta a las aplicaciones de este elemento es casi nula, a esto habría que agregarle que el coeficiente de utilización del fósforo proveniente de los estiércoles licuados de cerdo es de aproximadamente sólo un treinta porciento. Si a esto se adiciona el efecto acidificante inicial producto de los ácidos liberados en la mineralización de los compuestos orgánicos, se podría haber estado ante una fijación mayor de fósforo en unión con el calcio, el cual se pudo haber visto aumentado al facilitarse la solubilización de sales cálcicas presentes en esos suelos.

3.2.5 -Potasio del suelo.

El potasio es también un elemento poco móvil, en menor medida que el fósforo. Una gran parte del suministro de potasio a los cultivos procede también de las reservas del suelo. En

este caso la parte derivada de los abonos alcanza mayor proporción. La respuesta a la aplicación de potasio es también incierta y aleatoria, en función de la capacidad de las reservas del suelo y de las características del cultivo (Domínguez, 1990).

Este elemento se halla en forma de ión en la planta. Es absorbido como tal, ión (K^+) y su principal función es la de regulador de la presión osmótica dentro de las células, lo que determina la turgencia y tersura de los tejidos y de las hojas (Domínguez, 1990).

El contenido de potasio en los vegetales oscila entre 0.5 y 2.5 % de su peso seco. Interviene en la fotosíntesis y es necesario para la formación del protoplasma celular (Jiménez, 1992).

En los suelos de la localidad en estudio (Tabla 9), se observa que por su contenido, se clasifican como suelos sueltos, altos en potasio. La condición de altos niveles de potasio disponible, indica que la respuesta a este elemento será nula. A menos que los valores de magnesio en esos suelos sean muy altos y que la relación Mg/K evidencie que puede (aun con niveles altos de potasio) presentarse deficiencia de potasio por exceso de magnesio.

Las disminuciones de potasio observadas entre los tratamientos con efluentes, se deben a una mayor solubilización de sales cálcicas y la formación de sales potásicas, producto de la acidificación inicial provocada por los efluentes, las que por su gran solubilidad estuvieron expuestas a procesos de lixiviación.

Tabla 9. Análisis químico del suelo después de la cosecha de los cultivos. Diciembre, 2000.

TRATAMIENTOS	MO %	N %	P ppm	K meq/100
Valor inicial *	3.66	0.18	20.8	2.98
Sin fertilización	4.1	0.2	24.6	2.24
Completo (12-30-10)+Urea 46%	3.76	0.18	23.3	2.35
Efluente de cocina (4 100.4 l/ha)	4.04	0.2	22.5	2.47
Efluente de cocina (6 150.4 l/ha)	4.67	0.23	22.5	2.47
Efluente de concentrado(6 049.4 l/ha)	4.33	0.21	23.5	2.43
Efluente de concentrado(9 074.0 l/ha)	4.44	0.22	20.3	2.28

Fuente: Laboratorio de Suelos y Agua (UNA, 2000)

- Son los datos antes de establecer el ensayo.

3.2.6 -Comportamiento de los microelementos cobre y zinc

Las sales metálicas tienen, por su naturaleza, una elevada toxicidad que a largo plazo podría generar un fuerte deterioro de los suelos. Esta toxicidad atañe a las plantas, los consumidores y a los microorganismos del suelo. El uso de los estiércoles tanto sólidos como licuados, no deben ser desmedidos (Vega, 2001).

Entre los metales aportados por el estiércol licuado, el hierro, el manganeso, el zinc y el cobre son esenciales. El Zn y el Cu añadidos a los alimentos compuestos como factores del crecimiento y muy escasamente asimilados, se encuentran en cantidades bastante importantes en los estiércoles licuados de terneros, aves de corral y sobre todo, de los cerdos, lo que ha suscitado particular atención (Vega, 2001).

El cobre de los suelos

La disponibilidad de cobre está estrechamente relacionada con el contenido total de cobre, ésta fluctúa según el pH del suelo, disminuye cuando el pH excede de 7.0 y mejora su disponibilidad con valores de pH menores que 6. En los suelos muy ácidos (pH menor que 4.5) la baja disponibilidad de cobre puede deberse a que una absorción excesiva de otros nutrientes obstaculiza la absorción de cobre o bien, que cuando el pH es bajo, el cobre soluble queda inmovilizado en silicatos aluminicos, fosfatos y otros iones (Salmerón y García, 1994).

El cobre juega un papel importante en el crecimiento de la planta, como activador de enzimas y como parte de ciertas enzimas cuya función es la respiración. Es importante en el uso de proteínas. También juega un papel indirecto en la producción de clorofila. El cobre no se moviliza de las partes viejas de la planta hacia las hojas mas jóvenes; la falta de cobre generalmente se manifiesta en las puntas de la hoja del crecimiento joven (Stoller, 1989).

El zinc de los suelos

La disponibilidad del zinc para las plantas, está condicionada por diversos factores del suelo; pH, nivel de fósforo, contenido de materia orgánica y adsorción por las arcillas.

Numerosos estudios han mostrado que el zinc es generalmente más disponible para las plantas en suelos ácidos que en los alcalinos, como regla general, la mayor parte de las deficiencias de zinc inducidas por el pH ocurre en el orden de 6 a 8 (Salmerón y García, 1994).

Se ha observado deficiencias de zinc en suelos ricos en fósforo en la Florida, la deficiencia de zinc en cítricos fue asociada con altos niveles de fósforo en el suelo. La materia orgánica tiene efectos relacionados con la disponibilidad de zinc para las plantas, deficiencias de zinc han sido observadas en suelos ricos en materia orgánica, al parecer los microorganismos tienen un efecto de inmovilización del zinc (Salmerón y García, 1994).

Dominguez (1990), plantea que el zinc tiene un contenido medio en la planta del orden de 100 ppm, su absorción es como ión (Zn^{2+}) y no se conoce bien si es activa o pasiva. Participa al igual que otros micro elementos en los procesos enzimáticos de la planta (deshidrogenasas, peptidasas, etc).

Castillón (1993), indica que el estiércol líquido de los porcinos, contiene aproximadamente unos 40 ppm de cobre y unos 60 ppm de zinc, estos contenidos altos de elementos metales y el uso a gran escala de estas fuentes en los países Europeos, obligaron a la Comunidad Económica Europea a establecer como límite admisible 50 ppm de cobre en los estiércoles.

En la tabla 10, se presentan los datos de los contenidos de zinc y cobre en la localidad en estudio, antes y después de la utilización de efluentes de cerdo como fuente de nutrientes para cultivos. Los niveles altos de disponibilidad de cobre y zinc en los suelos se han establecido por encima de 2.2 y 4.2 ppm respectivamente (sin llegar a niveles tóxicos), de acuerdo a estos niveles, los contenidos iniciales y finales en estos suelos de la localidad en estudio, no representan un problema, ni de toxicidad, ni de contaminación, incluso a largo plazo, ya que si analizamos los valores finales estos variaron muy poco con relación al inicial.

Tabla 10. Contenido de cobre y zinc (ppm) antes y después del experimento en la localidad.

TRATAMIENTO	TISMA (PPM)	
	Zn	Cu
Valor Inicial	1.18	2.0
sin fertilización	0.2	3.0
Fertilización Inorgánica	0.4	1.0
Efluente de cocina 4100.4 l/ha	0.8	2.0
Efluente de cocina 6150.4 l/ha	0.2	4.0
Efluente de concentrado 6049.4 l/ha	0.2	5.0
Efluente de concentrado 9074.0 l/ha	0.3	3.0

En el suelo de la localidad en estudio se pudo observar, que por efecto de los tratamientos, el pH del suelo, tuvo como consecuencia una disminución, lo que favorece la disponibilidad (solubilidad) de microelementos; aunque esta variación no es muy grande en términos numéricos, el efecto en el comportamiento de los nutrientes puede ser significativo, favorecido más aún por sistemas muy perturbados (Vega, 2001).

IV-CONCLUSIONES

Basándose en los resultados de un ciclo de cultivo se concluye lo siguiente:

- En un suelo que ha sido sometido a un uso intensivo, en los últimos treinta años (Tisma), el sorgo híbrido, responde mejor a la fertilización inorgánica (completo + urea), que a la fertilización orgánica, a través de efluentes de cerdo.
- Los valores de pH del suelo de Tisma disminuyeron en todos los tratamientos, siendo la mayor variación en el tratamiento donde se aplicó la mayor cantidad de efluente de concentrado.
- La materia orgánica y el contenido de nitrógeno aumentaron en todos los tratamientos.
- El contenido de fósforo se incrementó con respecto al valor inicial. El potasio tuvo un comportamiento distinto, disminuyó respecto al valor inicial.
- Las aplicaciones de fertilizantes inorgánicos como orgánicos no tuvieron un efecto importante sobre la cantidad de cobre y zinc al final del ensayo.

V. RECOMENDACIONES.

Dado que estas investigaciones tienden a contribuir paulatinamente a la transición de la agricultura convencional a una agricultura ecológica, es necesario:

Continuar estos estudios, incrementando las dosis de efluentes de cerdo (procedentes de desperdicios de cocina o concentrado) para determinar el comportamiento del rendimiento en relación a las distintas dosis.

Es necesario continuar con los estudios sobre el efecto de éste factor (aplicación de efluente), ya que los resultados de un solo ciclo no son determinantes para llegar a conclusiones y recomendaciones más concretas acerca del problema en cuestión.

Realizar éste tipo de estudio en otras localidades, con diferentes condiciones climáticas y edáficas para comparar resultados.

VI - REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Álvarez, M; Talavera, F. 1991. Efecto de cuatro densidades poblacionales y cuatro niveles de nitrógeno en el rendimiento del sorgo. Segundo seminario del programa ciencias de las plantas. Instituto Superior de Ciencias Agropecuarias.
- Alonso, R. A. 1972. Efecto de la fertilización nitrogenada y cantidad de semilla de siembra sobre las características del sorgo granífero. Tesis de Ing . Agrónomo. Universidad Nacional Agraria (UNA). Managua, Nicaragua.
- BCN. (Banco Central de Nicaragua). 1999-2000. Informe anual. 45 pp.
- Castillón, P. 1993. En jornada coordinación técnica: Fundación la caixa. 1ra. Edición, 1993. Editorial AEDOS, S.A. pp 131-139.
- Cristiani, B. A. 1987. Instructivo. Cultivo del sorgo. Edición 1987. Guatemala, Cristiani Burkard, S.A, 46 p
- Clara, V. R. 1988. Problemática sobre la producción y uso de semilla mejorada de sorgo en mesoamérica. Trabajo presentado en la cuarta región anual de la comisión latinoamericana de investigadores del sorgo (CLAIS) del 6 al 9 de diciembre de 1988, San Salvador. 9 p.
- Cuadra, M. 2000. Efecto de diferentes densidades de siembra y distancias entre hileras sobre el crecimiento, desarrollo y rendimiento en el cultivo de sorgo. Tesis Ing. Agrónomo. Universidad Nacional Agraria. Escuela de producción vegetal. Managua, Nicaragua. 38 p.
- Domínguez, A. 1990. El abonado de los cultivos. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. 184 p.
- Domínguez, A 1997. Tratado de fertilización. 3 ra .Edición. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. 613 p.
- Fassbender, H. 1987. Química de suelos. Con énfasis en suelos de América Latina. 5ta Edición. IICA, San José, Costa Rica. 398p.
- Fuentes, J. L. 1994. El suelo y los fertilizantes. 3ra Edición, Editorial Mundi-Prensa. Madrid, España. 327 p.
- GTZ.(1987). Difusión de la tecnología de biogás en Colombia. Cali, Colombia. 139 p.
- Hernández, L. 1998. Curso de granos básicos para examen de grado. Universidad Nacional Agraria. Facultad de educación a distancia y desarrollo rural. 70 p.

- Higa, T; Parr, J. 1995. Microorganismos benéficos y efectivos para una agricultura ecológica y sostenible. U.S . Departamento de Agricultura. Washington, D.C. 15 p.
- Higa, T; Windiana, G, 1998. Changes in the soil, micro flora induced by effective microorganismos. In, firths International conference on Kyusei nature farming. U.S . Departament of Agriculture. Washington, U.S.A.
- Iglesias, L. 1997. El estiércol y las prácticas agrarias respetuosas con el medio ambiente. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid, España. 23 pp.
- INETER (2001). Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales. Resumen Meteorológico Managua Nicaragua.
- Jiménez, S. 1992, Fertilizantes de liberación lenta. 1ra Edición. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. 146 pp.
- López, J; Galeato, A. 1982. Efecto de la competencia de distintos estados del crecimiento del sorgo. Publicaciones técnicas. Numero 25. INTA. Argentina. 20 p.
- MAG.(1991). Ministerio de Agricultura y Ganadería. Guía tecnológica para la producción de maíz. Centro Nacional de Investigaciones en Granos Básicos. Managua, Nicaragua. 36 p.
- Miller, F. 1980. Crecimiento y desarrollo del sorgo. Estudios FAO. Producción y protección vegetal. número 19. pp 7–19.
- Miller, F . D; Barnes, H. J. 1980. Crecimiento y desarrollo del sorgo en producción y protección vegetal. Introducción al control integrado de plagas de sorgo. Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la alimentación. ROMA
- Monterrey, C. 1997. Dosis y momentos de aplicación de fertilizantes nitrogenados. Efecto sobre el crecimiento y rendimiento en el cultivo de sorgo granífero. Tesis de Ing Agrónomo,. Managua, Nicaragua. Universidad Nacional Agraria. 42 p.
- Paul, L. 1985. La producción de Sorgo y Mijo. ICRISAT. CIMMYT. México. 120 p.
- Paul,, L. 1990. Agronomía del sorgo. CENTA.
- Pineda, L. 1991. La producción de sorgo granífero en Nicaragua y su manejo, bajo condiciones de secano. INTA (Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria). 32 p
- Pineda, L. 1988. Resumen de la situación de la producción del sorgo granífero en Nicaragua. 10p

- Quintana, J. O; Blandon, J; Flores, A; Mayorga, E. 1992. Manual de fertilización para suelos de Nicaragua. Universidad Nacional Agraria(UNA). Consultora profesional indígena (INDOCONSUL. S.A). Managua, Nicaragua.
- Salazar, D. 1994. Standort- Un fruchtfolge –spezifische Einflüsse beivariierter Un KrautbeKampfundg im Gemusemais, sorghum und sojaanbau Nicaraguas Aacher shaker. Zugl, Diss. UNIV. Leipzig. 162 p.
- Salmeron, F; García, L. 1994. Fertilidad y fertilización de suelos. Universidad Nacional Agraria (UNA), Managua, Nicaragua. 141 pp.
- Simpson, K. 1991. Abonos y estiércoles. Editorial Acribia S.A. Pp 91-125.
- Somarriba, L. C. 1997. Granos básicos. Texto, Universidad Nacional Agraria (UNA). Managua, Nicaragua. 197 p.
- Stoller, J. 1989. Fertilizantes Stoller. La compañía especializada en nutrición vegetal. Guatemala, Guatemala, C.A.
- Stoskopf, N. C. 1985. Cerial Gram crops. Reston Publishig Company, inc. A Prentice Hall company. Reston Virginia. 369-385 p.
- Tapia, B. H. 1980. Tópicos importantes de uso común para la impartición de asistencia técnica en granos básicos. División de semillas. PROAGRO, Managua, Nicaragua, 61 pp.
- 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 del suelo. Tesis de master en sistemas integrales de producción agropecuaria en el trópico. Managua, Nicaragua. Universidad Nacional Agraria. 67 p.
- Wall, J; Ross, W. 1975. Producción y uso del sorgo. Hemisferio sur .399 p
- Walter, H; Lieth, H. 1960. Klimadiogramm- Weltatlas. Fisher. Verlag Jena.
- Zapata, M; Orozco, H. 1991, Evaluación de diferentes métodos de control de malezas y distancias de siembra sobre la cenosis de las malezas, crecimiento y rendimiento del frijol común. Tesis de Ing Agrónomo. Universidad Nacional Agraria. Escuela de producción vegetal. Managua, Nicaragua. 72 p.

ANEXOS

Tabla 1a. Correlaciones fenotípicas en las variables de crecimiento y rendimiento del cultivo de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench).

Variables	COEFICIENTE DE CORRELACIÓN (PEARSON)												
	ALT1	ALT2	ALT3	INSP	DIAT	POBL	NPAN	EXCP	LONP	NGRA	P1000G	REND	PSPAJ
ALT1	1.0000	0.16	-0.0897	0.053	-0.085	-0.037	-0.0721	0.451	0.0727	-0.132	0.30	-0.144	-0.145
	0.00	0.47	0.68	0.804	0.692	0.863	0.74	0.026	0.735	0.54	0.16	0.501	0.50
ALT2		1.00	0.284	0.200	0.066	0.075	0.010	0.368	0.172	0.054	-0.183	-0.027	-0.267
		0.00	0.18	0.360	0.76	0.729	0.961	0.076	0.420	0.80	0.390	0.90	0.206
ALT3			1.00	0.72	0.174	-0.271	-0.111	0.106	0.400	0.231	-0.357	0.165	0.057
			0.00	0.000	0.414	0.198	0.605	0.620	0.052	0.280	0.085	0.44	0.800
INSP				1.00	0.300	-0.090	0.106	0.200	0.682	0.4331	-0.488	0.484	0.405
				0.00	0.160	0.674	0.620	0.349	0.0002	0.0345	0.015	0.016	0.049
DIAT					1.00	-0.352	-0.440	0.184	0.601	0.660	-0.191	0.431	0.560
					0.00	0.013	0.001	0.388	0.0001	0.0001	0.192	0.002	0.0001
POBL						1.00	0.880	-0.161	-0.344	-0.428	-0.005	-0.044	-0.180
						0.00	0.0001	0.451	0.020	0.002	0.972	0.765	0.219
NPAN							1.00	-0.269	-0.366	-0.458	-0.0094	-0.013	-0.209
							0.00	0.203	0.010	0.001	0.949	0.930	0.152
EXCP								1.00	0.273	0.323	-0.153	0.178	-0.181
								0.00	0.196	0.122	0.473	0.404	0.396
LONP									1.00	0.880	-0.251	0.816	0.644
									0.00	0.0001	0.084	0.0001	0.0001
NGRA										1.00	-0.406	0.847	0.584
										0.00	0.004	0.0001	0.0001
P1000G											1.00	-0.283	-0.287
											0.00	0.050	0.047
REND												1.00	0.0559
												0.00	0.0001
PSPAJ													1.00
													0.00

[Nota: Coeficientes en negrilla son significativos ($\alpha = 0.05$)

Clave: DIAT: Diámetro del tallo

ALT2: Altura de planta a los 30 dds

POBL: Población

INSP: Inserción de panoja

REND: Rendimiento

LONP: Longitud de panoja

ALT3: Altura de planta a los 45 dds

ALT1: Altura de planta a los 15 dds

P1000G: Peso de mil granos

NGRA: Número de granos por panoja

NPAN: Número de panojas por planta

EXCP: Longitud de excreción de panoja

PSPAJ: Peso seco de paja