

**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA
“ANTONIO NARRO”**

DIVISION DE AGRONOMIA



**DETERMINACIÓN DE LA DOSIS ÓPTIMA DE ESTIÉRCOL
BOVINO EN UNA ROTACIÓN DE CULTIVOS MAÍZ-SORGO
PARA PRODUCCIÓN DE FORRAJES CON RIEGO POR
GOTEO EN LA COMARCA LAGUNERA.**

Por:

EDUARDO VARGAS MORALES.

TESIS

Presentada como requisito parcial para

Obtener el Título de:

INGENIERO AGRONOMO EN PRODUCCIÓN

Buenavista Saltillo, Coahuila, México.

Junio de 2006

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
"ANTONIO NARRO"

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DETERMINACIÓN DE LA DOSIS ÓPTIMA DE ESTIÉRCOL BOVINO EN
UNA ROTACIÓN DE CULTIVOS MAÍZ-SORGO PARA PRODUCCIÓN DE
FORRAJES CON RIEGO POR GOTEO EN LA COMARCA LAGUNERA.
POR

EDUARDO VARGAS MORALES

TESIS

Que se somete a consideración del H. Jurado Calificador como requisito parcial para
obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN.

Aprobado por:

Dr. Javier Lozano del Río
Presidente del jurado

Dr. Luis Ibarra Jiménez
Asesor

Ing. Modesto Colin Rico.
Asesor.

Coordinador de la División de Agronomía

Ing. M.C. Arnoldo Oyervides García

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. Junio de 2006

DEDICATORIAS.

A mis padres:

Ma. Dolores Morales Ramos.

Eufemio Vargas Paredes (†).

A quienes de todo corazón dedico este sueño que juntos forjamos y que hoy gracias a Dios vemos realizado. A ellos por quien estoy muy orgulloso a los mejores papas del mundo que con amor me dieron todo el apoyo y formación de bien, a ellos que con sus consejos, ejemplo y entrega, inculcaron en mí principios que me han ayudado a ser mejor hijo y mejor persona, y de una forma muy especial a ti padre que desde el cielo he contado con un ángel mas que me guía.

A mis hermanos:

Ma. de Jesús, Lourdes, Higinio, Ma. de Angeles, Mari Cruz, Ma. Dolores, Jose Antonio.

Por todos los buenos momentos que como familia hemos compartimos, de quienes estoy muy orgulloso y de quienes he recibido apoyo incondicional, agradezco a Dios por haberme dado una familia así.

A mi alma mater...

Por haberme recibido con las puertas abiertas y haberme dado la oportunidad de formarme como profesionista.

Pero sobre todo a ese ser que me dio la oportunidad de vivir, a mis padres, hermanos, amigos y maestros. Al ser que me concedió salud y puso todo en frente de mí, para que yo pudiera hacer todo lo que he logrado.

Dios...

AGRADECIMIENTOS.

Especialmente a la **Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”** por haberme alimentado con el conocimiento por ello le estoy eternamente agradecido.

A los maestros y personal que laboran en esta gloriosa Institución, por apoyarme así como también por su comprensión y paciencia. Que en una ardua labor aportando sus conocimientos para formar a los mejores Ingenieros Agrónomos.

Al Dr. Luis Ibarra Jiménez por su asesoría y apoyo en la realización de este trabajo de investigación.

Al Dr. Javier Alejandro Lozano del Río, Ing. Modesto Colin Rico y al Ing. M.C. Luís Miguel Lasso Mendoza por formar parte del comité de asesoría.

A la QFB Noemí Cantú por el apoyo en la realización de las pruebas para la obtención del % de nitrógeno en las plantas en laboratorio.

Al Consejo Estatal de Ciencia y Tecnología (COECYT) por el apoyo económico que me fue brindado para que se llevara a cabo este trabajo de investigación.

Al Centro de Investigación en Química Aplicada (CIQA) y en particular al personal del departamento de Agroplásticos que me brindaron su amistad y apoyo.

Y de una forma muy especial para Yanet León Pérez con quien he compartido tantos bellos momentos y de quien he recibido un apoyo y cariño incondicional ya que ha estado a mi lado cuando más la he necesitado.

A todos mis compañeros de la generación C y amigos con quienes conviví y compartí muchos momentos que nunca olvidare, como lo son el Barney, Adrian, Cecilia, Zaira, Deysi, el Amigon, Armando, el Morelos, Jacobo,

INDICE DE CONTENIDO

	Pág
DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTOS.....	ii
INDICE DE CUADROS.....	v
INDICES DE FIGURAS.....	vi
I. INTRODUCCIÓN.....	1
Antecedentes.....	1
Justificación.....	3
Objetivos.....	6
Hipótesis.....	6
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	7
Aspectos del forraje.....	7
Aspectos de las compostas.....	8
Fertilizantes químicos y compostas.....	9
Estiércoles.....	10
Clorofila.....	12
Fotosíntesis.....	12
Conductancia estomática.....	13
Sistema de riego subsuperficial.....	13
El nitrógeno en las plantas.....	14
Formas y fuentes del nitrógeno.....	16
Fuentes orgánicas del Nitrógeno.....	16
Conceptos básicos sobre la calidad de los forrajes.....	17
Materia seca.....	18
Fibra Detergente Neutro (FDN).....	19
Fibra Detergente Acido (FDA).....	19
Energía neta.....	20
Proteína bruta.....	20
III. MATERIALES Y METODOS.....	22

Localización del área de estudio.....	22
Clima.....	22
Suelo.....	22
Material genético utilizado.....	23
Diseño experimental.....	23
Tratamientos evaluados.....	23
Muestras de suelo.....	24
Preparación del terreno.....	24
Riegos.....	25
Siembra y cosecha.....	25
Fertilización.....	26
Otras labores culturales.....	26
Variables evaluadas.....	26
Altura de planta.....	27
Área foliar.....	27
Peso seco de planta.....	27
Medición de clorofila.....	28
Análisis de contenido de nitrógeno.....	28
Rendimiento de forraje verde.....	29
Rendimiento de forraje seco.....	29
Análisis bromatológico.....	29
Índices de crecimiento.....	29
Análisis estadístico.....	30
Modelo estadístico.....	30
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	31
V. CONCLUSIONES.....	55
RESUMEN.....	56
APENDICE.....	58
VI. LITERATURA CITADA.....	58

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro.	Pág
4.1	Análisis físico-químico de las muestras de suelo obtenidas antes de la siembra de maíz con los diferentes tratamientos de composta sola, combinada con fertilización química y estiércol del área experimental en el Rancho "Ampuero", Torreón, Coah.....32
4.2	Comparación de medias de área foliar en el cultivo de maíz con diferentes tratamientos de composta sola, combinada con fertilización química y estiércol solo.....35
4.3	Comparación de medias de peso seco en el cultivo de maíz con diferentes tratamientos de composta sola, combinada con fertilización química y estiércol solo.....36
4.4	Comparación de medias de tasa de asimilación neta en el cultivo de maíz con diferentes tratamientos de composta sola, combinada con fertilización química y estiércol solo.....42
4.5	Criterios de calidad para fuentes forrajeras.....43
4.6	Comparación de medias de rendimiento de forraje verde y seco en el cultivo de maíz con diferentes tratamientos de composta sola, combinada con fertilización química y estiércol son.....45
4.7	Análisis físico-químico de las muestras de suelo obtenidas antes de la siembra de sorgo con los diferentes tratamientos de composta sola, combinada con fertilización química y estiércol del área experimental en el Rancho "Ampuero", Torreón, Coah.....47
4.8	Comparación de medias de altura de planta en el cultivo de sorgo con diferentes tratamientos de composta sola, combinada con fertilización química y estiércol solo.....49
4.9	Comparación de medias de área foliar en el cultivo de sorgo con diferentes tratamientos de composta sola, combinada con fertilización química y estiércol solo.....50
4.10	Comparación de medias de peso seco de planta en el cultivo de sorgo con diferentes tratamientos de composta sola, combinada con fertilización química y estiércol solo.....52

4.11	Comparación de medias de peso seco de planta en el cultivo de sorgo con diferentes tratamientos de composta sola, combinada con fertilización química y estiércol solo.....	54
------	---	----

INDICE DE FIGURAS

Figura		Pág.
4.1	Altura de planta en el cultivo de maíz con diferentes tratamientos de composta sola, combinada con fertilización química y estiércol solo.....	33
4.2	Área foliar en el cultivo de maíz con diferentes tratamientos de composta sola, combinada con fertilización química y estiércol solo.....	34
4.3	Peso seco de planta en el cultivo de maíz con diferentes tratamientos de composta sola, combinada con fertilización química y estiércol solo.....	35
4.4	Relación SPAD-502 y nitrógeno a los 50 dds en el cultivo de maíz.....	38
4.5	Relación SPAD-502 y nitrógeno a los 75 dds en el cultivo de maíz.....	38
4.6	Relación SPAD-502 y nitrógeno a los 100 dds en el cultivo de maíz.....	38
4.7	Tasa relativa de crecimiento de la planta en el cultivo de maíz con diferentes tratamientos de composta sola, combinada con fertilización química y estiércol solo.....	39
4.8	Tasa relativa de crecimiento foliar de la planta en el cultivo de maíz con diferentes tratamientos de composta sola, combinada con fertilización química y estiércol solo.....	41
4.9	Fotosíntesis total a los 50 y 75 dds en el cultivo de maíz con diferentes tratamientos de composta sola, combinada con fertilización química y estiércol solo.....	43
4.10	Altura de planta en el cultivo de sorgo con diferentes tratamientos de composta sola, combinada con fertilización química y estiércol solo.....	48

4.11	Área foliar de la planta en el cultivo de sorgo con diferentes tratamientos de composta sola, combinada con fertilización química y estiércol solo.....	49
4.12	Peso seco de planta en el cultivo de sorgo con diferentes tratamientos de composta sola, combinada con fertilización química y estiércol solo.....	51
4.13	Relación SPAD-502 y nitrógeno a los 30 dds en el cultivo de sorgo.....	53
4.14	Relación SPAD-502 y nitrógeno a los 60 dds en el cultivo de sorgo.....	53

I. INTRODUCCIÓN

Antecedentes

La escasez de agua es el más importante impedimento para el desarrollo de las plantas y la producción global de alimentos. La tasa de riego se incrementó de 1950 a 1980, el área irrigada en el mundo pasó de 94 a 250 millones de ha. La expansión del riego a fines de 1980 y principios de 1990 disminuyó dramáticamente en México.

Por otra parte, los fertilizantes sintéticos son más concentrados y generalmente menos costosos por unidad de nutrición que los orgánicos. Sin embargo, la solubilidad de los fertilizantes sintéticos puede llevar a ineficiencias de uso y contaminación del agua cuando los fertilizantes se aplican en forma incorrecta en el momento equivocado o en excesivas cantidades.

Los fertilizantes sintéticos son una fuente de nutrimentos para resolver parte del problema de pobre eficiencia, pero su uso suele restringirse porque aumenta los costos de producción de los cultivos. Aunque los fertilizantes elaborados a base de compostas de estiércol de bovino son menos concentrados que los sintéticos, los nutrimentos (particularmente nitrógeno) son tomados por la planta en forma eficiente debido a la lenta liberación del suelo. Las características orgánicas de estos materiales pueden en cierta forma, reemplazar los fertilizantes sintéticos y pueden ser aprovechados por la planta de una manera más eficiente, en adición incorporan fertilidad al suelo con menos riesgo de pérdida de nutrimentos por lixiviación que los sintéticos. La mayoría del nitrógeno se encuentra en forma orgánica y debe

ser convertida o mineralizada por los microorganismos a formas de nitrógeno inorgánico (nitratos) antes de ser consumido por las plantas. En general, las compostas de estiércol contienen menos de 1.5% de nitrógeno (base seca), aunque existen reportes con valores hasta de 1.8%, sin embargo, esas cantidades son tan pequeñas que se puede incurrir en un suministro muy bajo de nitrógeno o prácticamente no se aplica nitrógeno al cultivo durante las primeras semanas después de la incorporación al suelo. Generalmente, durante el primer año después de que las compostas se incorporan al suelo de cultivo, entre el 20 y 90 % del nitrógeno orgánico es convertido en amonio el cual a su vez es convertido en nitrato, del 20 al 50% del nitrógeno será mineralizado durante el primer año, si se incorporan compostas con valores de nitrógeno mayores a 1.5 %. Después del periodo inicial de descomposición, el nitrógeno se libera a bajas tasas durante el segundo y tercer años, alcanzando una liberación de 5 a 6 % por año. Para los agricultores que usan las compostas de estiércol bovino significa que a través del tiempo, las tasas de abono para fertilizar los cultivos se pueden reducir. Si la liberación residual no se toma en consideración, podría ocasionar contaminación del agua del subsuelo . En adición, las compostas de bovino son una excelente fuente de Fósforo y Potasio. Pueden contener 2.5 a 45 kilos de $P_2 O_5$ por tonelada seca. En suelos neutros y ácidos, el fósforo de las compostas está disponible del 70 a 90%. El potasio en compostas se encuentra en forma rápidamente disponible. La materia orgánica de las compostas provenientes de estiércol bovino provee los siguientes beneficios al suelo: incrementa la actividad biológica, suministra nutrimentos, energía y el hábitat para los organismos benéficos del suelo; la

descomposición de la materia orgánica del suelo libera nutrientes, particularmente nitrógeno, fósforo y azufre que pueden ser tomados por las plantas; incrementa la tendencia de agregados del suelo por diversos mecanismos resultando en una estructura deseable; incrementa la porosidad; los cambios en las características físicas tales como la estructura pueden alterar la retención de agua y la tasa de infiltración en el suelo. Los investigadores han estado buscando formas de incrementar el uso eficiente del nitrógeno. En ocasiones decidir el monto de nitrógeno a utilizar es subjetivo, sin embargo es muy importante determinar el monto a utilizar, especialmente en forrajes. Actualmente la investigación ha hecho posible determinar en campo el contenido de Nitrógeno mediante determinaciones de clorofila.

Justificación.

SAGARPA (2001) reportó una superficie de cultivo de 5 697 ha de maíz forrajero y 18,705 ha de sorgo forrajero. En acuerdo con estadísticas extraoficiales más recientes, en la zona productora de la Comarca Lagunera, en el año 2003 se sembraron 13,594 ha de maíz forrajero, 11,641 ha de sorgo forrajero (Periódico el Siglo de Torreón, 2003) y 2,500 ha de triticale (Comunicación personal con Alejandro Javier Lozano del Río, Investigador de Triticale de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro). El riego por superficie y por bombeo representó un 100% de la superficie irrigada en dichos cultivos en la Comarca Lagunera. En adición en la misma Comarca en el año 2003 se sembraron un total de 138,184 ha con riego por bombeo, gravedad y temporal en superficie ejidal y pequeña propiedad en cultivos

como forrajes, hortalizas, frutales y granos básicos y otros cultivos no especificados. Toda la superficie reportada no considera el riego por goteo como una alternativa de ahorro de agua. El riego por goteo en forrajes y en cultivos en general debería representar una alternativa continua de investigación, sin embargo, no ha sido así.

En acuerdo con las demandas específicas del Fondo Mixto Coahuila en la región Lagunera se generan 600 000 ton de estiércol por año (peso seco) que puede ser una fuente de nutrimentos y mejorador de las propiedades del suelo. El efecto benéfico de las compostas de estiércol está bien documentado. La demanda específica del Fondo Mixto es que el estiércol de bovino para mejorar la estructura del suelo y el rendimiento de los cultivos se debe de investigar. El estudio de las compostas de estiércol que permitan reducir las aportaciones de fertilizantes sintéticos al suelo en combinación con riego por goteo que es una alternativa de estudio para resolver parte del problema del alto consumo de agua por los cultivos y la contaminación de los mantos acuíferos por efecto de fertilizantes sintéticos. Determinar cómo la aplicación de compostas de estiércol bovino influye en el crecimiento y rendimiento de cultivos forrajeros: triticale, sorgo y maíz requieren de una completa caracterización del material de composta que se utiliza. Cómo se pueden utilizar los fertilizantes sintéticos más compostas en combinación con riego por goteo, no está bien documentado. Esta propuesta propone determinar las relaciones existentes entre los cambios inducidos por las compostas de estiércol bovino en la producción de materia seca de dichos cultivos y su efecto en el contenido de nutrimentos en el suelo; los resultados obtenidos harán posible determinar su impacto entre los

productores de los cultivos de maíz, sorgo y triticale. La existencia de 600,000 ton por año de estiércol bovino (peso seco) y la posible adopción de la tecnología de las compostas solas o en conjunción con fertilizante sintético más riego por goteo por los productores de forrajes, justifican la implementación de la presente propuesta.

Mucha de la investigación generada ha estado enfocada en determinar la tasa de mineralización de nitrógeno de estiércol y los factores que influencia. La investigación no ha hecho posible proveer una fórmula precisa, tampoco existen pruebas de laboratorio que pueda permitir conocer la viabilidad del nitrógeno en las compostas. Esta propuesta sugiere determinar el contenido de nitrógeno in situ, mediante un procedimiento práctico, pero sobre todo que podría estar disponible para los productores de forraje.

La falta de adopción del riego por goteo en combinación compostas por los productores de la Comarca Lagunera, pero sobre todo la alta demanda de agua de los cultivos por los métodos tradicionales de gravedad y bombeo y la producción de 600 000 ton/ha estiércol por año y que este sea un sustituto parcial de los fertilizantes sintéticos.

Objetivos

- ▶ Determinar la dosis óptima de composta de estiércol bovino sola o combinada con fertilizantes sintéticos en la producción de forraje.
- ▶ Mediante metodología in situ, tratar de determinar los requerimientos de nitrógeno de los mencionados cultivos.
- ▶ Cuantificar el grado de modificación de la planta provocado por la aplicación de compostas solas o combinadas con fertilizantes sintéticos en cultivos forrajeros utilizando la producción de área foliar y cantidad de biomasa para construir índices de crecimiento.

Hipótesis.

Dentro de cada uno de los tratamientos evaluados con diferentes dosis de composta, fertilización química y estiércol, al menos uno posee semejantes características benéficas para la producción de forraje, que la manera tradicional de fertilización.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

Aspectos del forraje.

Harrison y Johnson (1998) recomiendan una densidad de siembra en maíz de 100 000 plantas/ha para obtener el mayor rendimiento de materia seca por hectárea, 80 000 plantas/ha para optimizar producción de forraje y digestibilidad de materia seca; esta última densidad, es la mas recomendada para la Región Lagunera.

Estudios en la Comarca Lagunera, indican que el maíz es viable cuando en promedio produce 6 t ha⁻¹ de grano y superen las 45 t ha⁻¹ de forraje verde con manejo óptimo (FIRA, 1993), sin embargo, el potencial productivo del maíz en esta región es superior debido a la alta radiación solar durante el período libre de heladas (Núñez *et al.*, 1999) y es posible obtener hasta 80 t ha⁻¹ de forraje fresco y 24 t ha⁻¹ de forraje seco (30% de materia seca), con un contenido de grano de 45-50% (Reta *et al.*, 2001).

El sorgo forrajero es importante en las regiones lecheras del norte árido por: a) con una eficiencia ligeramente menor a 3 kg MS m⁻³ de agua, es un 30 por ciento más eficiente que el maíz y b) es capaz de distribuir la producción de forraje en el verano más homogéneamente que el maíz. Sin embargo, el valor nutritivo del sorgo es menor que el de otros forrajes cultivados en aquéllas regiones lecheras (Núñez *et al.*, 1997).

En el norte de México bajo riego, el sorgo forrajero se siembra entre fines de marzo y mediados de abril, la primer cosecha se realiza luego de 55 a 60 días y las cosechas subsecuentes se realizan cada 30 a 40 días cuando los cultivos alcanzan el estado de embuche; consecuentemente unas cuatro cosechas se realizan hasta comienzos de octubre (Núñez y Cantú, 2000).

Aspectos de las compostas.

Las compostas se definen según Jeavons (1994), como una biomasa completamente digerida y/o una materia orgánica que posee la estructura del humus.

En la actualidad, la estructura del suelo es el factor principal que condiciona la fertilidad y productividad de los suelos agrícolas; someter el terreno a un intenso laboreo y compresión mecánica tiende a deteriorar la estructura. Los abonos orgánicos (estiércoles, compostas y residuos de cosecha) se han recomendado en aquellas tierras sometidas a cultivo intenso para mantener y mejorar la estructura del suelo, aumentar la capacidad de retención de humedad y facilitar la disponibilidad de nutrimentos para las plantas (Castellanos, 1982).

La incorporación de fertilizantes y abonos orgánicos (estiércoles y compostas) con fines de bioremediación de suelos agrícolas es una práctica que ha recuperado importancia en los últimos años a nivel mundial (Pansu *et al.*, 1998; Ruíz, 1996; Abdel *et al.*, 1994).

Una de las bondades de la composta es su aplicación a todo tipo de suelo con potencial agrícola, debido a que proporciona al mismo los nutrimentos y propiedades físico-químicas que son alteradas por las labores culturales propias de la agricultura. Los efectos de la composta se han estudiado principalmente en hortalizas, como tomate, brócoli y chile. Los resultados muestran un incremento en el rendimiento y calidad de los productos cosechados (Val-dtighi *et al.*, 1996; Vogtmann y Fricke, 1989).

El uso de corteza de árbol en compostas reduce la incidencia de enfermedades del suelo no solamente en cultivos de almácigo sino también en la floricultura y cultivos forrajeros (Hoitink, 1982).

Fertilizantes químicos y compostas.

La elaboración y utilización de compostas para enmendar los suelos agrícolas ha servido para mejorar sus características como fertilidad, capacidad de almacenamiento de agua, mineralización de N₂, P y K, mantener valores de pH óptimos para la agricultura, evitar cambios extremos en la temperatura, fomentar la actividad microbiana y controlar la erosión (Dalzell *et al.*, 1991). Esta práctica ha recuperado importancia en los últimos años a nivel mundial (Ruiz, 1996; Nieto-Garibay *et al.*, 2002) para mejorar las condiciones del suelo, principalmente aquellos que han sido deteriorados por el uso excesivo de agroquímicos y su sobreexplotación. Sin embargo, se ha demostrado que el uso combinado de fertilizantes orgánicos y minerales corrige la mayoría de los inconvenientes individuales y en algunos casos mejoran las ventajas, debido a que el abono orgánico contribuye a incrementar la retención de la humedad, lo que aumenta la eficiencia del uso de los abonos inorgánicos, aumenta la disponibilidad de P del suelo y de los fertilizantes minerales causados por la aplicación de compostas, y existe disponibilidad más inmediata de nutrientes de los fertilizantes minerales y liberación de nutrientes de las compostas a más largo plazo, así como menor lavado de nutrientes y mayor actividad de los microorganismos del suelo (Dalzell *et al.*, 1991).

La fertilización del suelo con compostas y abono inorgánico, el uso de variedades de hortalizas apropiadas, el riego, el control de plagas, enfermedades y malezas, contribuyen todos a que el agricultor incremente la producción, obteniendo cosechas de mejor calidad y un mayor beneficio económico (Alfonso, 1977; Fernández, 1977; Casseres, 1994; FONAIAP, 1995).

En investigaciones realizadas en la India y China se obtuvieron mejores cosechas de algodón, maíz, arroz, sorgo, caña de azúcar y trigo cuando se usó una combinación de compostas y fertilizantes minerales, que aplicando dosis doble de composta solo o de fertilizante mineral solo. En Bolivia, la producción de papa se ha incrementado con el uso combinado de fertilizantes minerales y compostas. Aplicaciones combinadas han originado una mejor calidad de jugo de caña y mayores producciones de materia seca por planta de tomate (Dalzell *et al.*, 1991).

Estiércoles.

De todos los fertilizantes, el estiércol, a pesar de sus diferencias y contenido químico según procedencia y tratamiento, puede considerarse como uno de los fertilizantes más importantes para mantener la fertilidad del suelo, y vital para los microorganismos que viven en él (Badillo, 1973).

El estiércol, comparado con los restantes fertilizantes químicos resulta notablemente pobre en nutrientes pero su valor en materia orgánica ofrece una incomparable riqueza, que no puede obtenerse con el más rico de los fertilizantes químicos (Badillo, 1973).

Dado que el estiércol contiene grandes cantidades de compuestos orgánicos de fácil descomposición, la adición de estiércol al suelo casi siempre resulta en un aumento en la actividad biológica. En general, esto incrementa la disponibilidad de muchos nutrientes para las plantas, así como la velocidad de infiltración, la conductividad hidráulica y la retención de agua en tanto que la densidad aparente se disminuye (Castellanos, 1985).

Castellanos *et al.* (1996) realizaron un estudio para observar el efecto de la aplicación de estiércol de ganado lechero sobre la producción de forraje de ryegrass anual (*Lolium multiflorum* Lam.) y de maíz forrajero sobre las propiedades de un suelo migajón arcilloso del norte de México. Los tratamientos fueron: 30, 60, y 120 Mg ha⁻¹ año⁻¹, y una sola dosis de 240 Mg ha⁻¹ en 1981. El ryegrass anual se estableció durante el invierno y maíz forrajero durante el verano. Encontraron que la producción de ryegrass para los tratamientos de 30 y 60 Mg ha⁻¹ año⁻¹ fueron 22 y 33% más altos, respectivamente, que la no-aplicación de estiércol. Estos autores concluyeron que la aplicación de estiércol tuvo efectos significativos positivos sobre el rendimiento de ryegrass anual durante todos los años y cortes, pero sólo durante algunos años en el maíz.

Clorofila.

La clorofila en sus diversas formas, es el pigmento fotosintético primario en las plantas superiores y su contenido depende de la concentración de N foliar y la dosis de fertilización con N (Lohry y Schepers, 1988).

El medidor Minolta SPAD-502 fue diseñado originalmente en 1963 para Nitrógeno (N) en el manejo de producción de arroz (*Oryza sativa*) en Japón (Wood *et al.*, 1993). El último modelo, SPAD-502 determina la cantidad relativa de clorofila presente por mediciones de transmisión de la hoja en dos bandas de onda (600 a 700 y 400 a 500 nm.). La utilidad de uso del medidor SPAD-502 se ha estado extendiendo a un mayor número de cultivos y ahora esta muy aceptado en la industria agronómica debido a la excelente correlación de lecturas del SPAD-502 con el contenido de clorofila y la relación de N de los cultivos. El contenido de clorofila de la hoja es frecuentemente correlacionado con la relación de N de la hoja y la actividad fotosintética (Evans, 1983; Seeman *et al.*, 1987).

Fotosíntesis.

La fotosíntesis en esencia es un proceso de oxido-reducción, en el que el carbono de CO₂ atmosférico se reduce a carbono orgánico. La fotosíntesis en las plantas consiste básicamente en la producción de una sustancia orgánica (un glúcido simple) a partir de moléculas inorgánicas (el CO₂ como sustrato a reducir y el agua como donador de electrones que se oxida), mediante el aprovechamiento de la energía lumínica que se queda almacenada como energía química dentro de la molécula sintetizada y con desprendimiento del oxígeno (De la Rosa, 1997).

Conductancia estomática.

El estoma tiene como función, proveer de alimento (CO_2) a la planta y al mismo tiempo actúa como termorregulador y evita la deshidratación. Mas del 90% del agua que recibe una planta se pierde a través de las hojas. El vapor de agua se mueve por difusión, a través de los espacios del mesófilo hacia los estomas. Entonces el agua se difunde a través del estoma, directamente de la atmósfera, mientras el vapor de agua se mueve hacia fuera del estoma el CO_2 de la atmósfera entra a la hoja por el estoma (Alexander, 1992).

Sistema de riego subsuperficial.

El sistema de riego subsuperficial, consiste en la colocación de emisores enterrados en la superficie del suelo, cuya función es abastecer el agua directamente en la zona radicular del cultivo. Sus principales ventajas son: reducir la evaporación de la superficie del suelo puesto que ésta permanece prácticamente seca, en otros sistemas de irrigación se estima que el 60% del agua se pierde por esta vía, mayor eficiencia en el uso del agua y la aplicación de fertilizantes, porque estos se aplican en la parte madura de la zona radicular. Sus desventajas pueden ser: un alto costo inicial, acumulación de sales y la intrusión de las raíces en los orificios de los goteros (Phene, 1987).

Este nuevo método de aplicar el agua de riego ha reducido la aplicación hasta en un 40% comparado con otros sistemas de riego (Camp *et al.* 2000). Sin embargo, existen aun problemas por resolver en el diseño,

operación y mantenimiento del sistema, así como la inversión inicial para su adopción. El costo de ésta depende principalmente del espaciamiento entre las cintas de riego, del cultivo o los cultivos por establecer y el tipo de suelo. Los forrajes (alfalfa, maíz y sorgo) representan la mayor demanda de agua, puesto que en promedio se establecen 45,000 ha y sus requerimientos por ciclo mínimos son desde 80 cm para maíz y 150 cm anuales para la alfalfa.

El sistema de riego por goteo subsuperficial conserva el agua e incrementa significativamente la producción y calidad de los cultivos (Camp, 1998). El uso del Riego por Goteo Subsuperficial evita la saturación del suelo después de la aplicación de un riego por inundación, y el estrés de humedad en el cultivo antes de la aplicación del siguiente. Estas dos situaciones, que son comunes cuando los cultivos se riegan con el método superficial, ocasionan el cierre de estomas, los cuales se encargan de regular el intercambio de vapor de agua (transpiración), CO_2 asimilación de CO y oxígeno (Clark y Smaistra, 1996).

El nitrógeno en las plantas.

Bartolini (1989) menciona que la reserva de nitrógeno en el suelo se encuentra en estado orgánico como humus que contiene cerca del 15% de nitrógeno. Condiciones climáticas favorables y adecuado laboreo favorece la aireación del suelo y facilitan la transformación del nitrógeno orgánico en mineral. La cantidad de nitrógeno en el suelo condiciona la dosis de fertilizante nitrogenado que se debe aplicar a los cultivos. El nitrógeno se considera el principal factor para aumentar el rendimiento de los cultivos.

Foth (1987) apunta que la abundancia de nitrógeno promueve un rápido crecimiento con un mayor desarrollo de hojas y tallos de color verde oscuro. Aunque una de las funciones más sobresalientes del nitrógeno es estimular el crecimiento vegetativo de la parte aérea, ese desarrollo no se puede efectuar sin la presencia de fósforo, potasio y otros elementos esenciales disponibles.

El nitrógeno en la zona de la raíz influye en el crecimiento de la planta y en el rendimiento de la producción. La tendencia para aumentar la fertilización incrementa los costos de mantenimiento y puede resultar en superficie la contaminación del agua en el subsuelo (Lea-Cox, 2000; Ristvey *et al.*, 2001).

Los nitratos (NO_3) en particular son móviles en el suelo y pueden prepararse para moverse de un lado a otro con el suelo y el agua. Además los mal gastos en costos económicos por fertilizar, contaminación con NO_3 en áreas agrícolas y urbanas constituye un peligro potencial en la salud humana y ganadera (Stevenson, 1986).

Otros efectos perjudiciales de excesiva fertilización en mal tiempo puede incluir un daño insensible subrayando la importancia de las herramientas convenientes de desarrollo para asegurar programas apropiados de fertilización (Hawkins *et al.*, 1996; Raese, 1997).

Formas y fuentes del nitrógeno.

Las formas amoniacaes de N a menudo son recomendadas para la fertilización de N debido a los bajos costos y a la alta retención en el suelo comparada con las fuentes de nitrato del N. Sin embargo, el suelo necesita una capacidad de intercambio catiónico suficientemente alta para retener cantidades significativas de N amoniacal (Tisdale *et al.*, 1985). Muchos estudios con varias hortalizas han mostrado poca diferencia de producción entre la forma del N nitrato y amoniaco para la fertilización de hortalizas en Florida (Locascio *et al.*, 1982).

La liberación lenta de las fuentes de N ha sido estudiada en su potencial para aumentar la eficacia de fertilización de N. Parece que la liberación lenta de fuentes de N tiene la utilidad más alta para cosechas a largo plazo, como pimientos, tomates, y fresas, y para cosechas con exigencias altas de N. Las fuentes de liberación lenta tienen el potencial para aumentar la eficacia N.

Fuentes orgánicas de Nitrógeno.

El interés es alto en cuanto al uso de varios materiales orgánicos, como abonos y lodos, como enmiendas de suelo y fertilizantes. La parte del interés es de individuos y organizaciones que producen la basura, porque ellos necesitan un mecanismo de disposición conveniente. Las fuentes N orgánicas a veces son ofrecidas como un tipo de liberación lenta de N, pero la mayor parte de estos materiales son bajos en la concentración N y deben ser usados en precios altos o en la combinación con fuentes N sintéticas o minerales para satisfacer exigencias N de la mayor parte de hortalizas.

Las fuentes N orgánicas requieren que la dirección apropiada minimice el riesgo de la contaminación de nitrato de agua subterránea y agua superficial (Roth y Fox, 1990). Los productores deben tener el conocimiento del precio de la mineralización del N de modo que las estrategias de dirección puedan ser desarrolladas para mantener N en la zona de raíz y minimizar la cantidad de N residual en el suelo después de que la cosecha es cosechada (Schepers y Fox, 1989).

Las fuentes N orgánicas también podrían presentar problemas adicionales para los productores de hortalizas. Los abonos son esencialmente el análisis bajo, fertilizantes mezclados; por lo tanto, varios nutrientes, por ejemplo P, Ca, y K, son aplicados además de N (Sommers, 1984). Los nutrientes adicionales no podrían ser necesarios en mancha esto ya contiene cantidades grandes de estos nutrientes. El transporte y los gastos de aplicación pueden ser altos, haciendo a las fuentes de N orgánicas poco económicas para algunos productores. Una parte del costo podría absorberse por el productor del material de desecho para mejorar el atractivo económico de abonos.

Conceptos básicos sobre la calidad de los forrajes.

Todos los productos utilizados en alimentación animal pueden ser evaluados en función de sus propiedades cuantitativas y cualitativas, o planteado de otra forma, de acuerdo al rendimiento y calidad de los mismos.

Al considerar el rendimiento de un producto es necesario expresarlo en unidades de materia seca, ya que un forraje puede producir gran cantidad de materia verde, pero la misma puede llegar a estar constituida por una

elevada cantidad de agua. Para corregir esto y poder evaluar correctamente los productos es necesario analizar sus rendimientos en materia seca, o sea, sin su contenido de humedad. Por otra parte, los distintos forrajes poseen una gran variabilidad en su contenido de humedad, por lo que su composición será necesario expresarla en materia seca para poder realizar comparaciones válidas.

Por otra parte, para evaluar la calidad nutritiva se debe considerar cuánto de la materia seca que provee el alimento será digerido en el tracto gastrointestinal del animal y qué capacidad tendrá para aportar energía y proteínas.

Materia seca

La materia seca de los alimentos está constituida por una fracción orgánica y otra inorgánica. El componente inorgánico está dado por los minerales que posee el vegetal, principalmente potasio y silicio. Pero también, la mayoría de los compuestos orgánicos contienen elementos minerales como componentes estructurales, por ejemplo, las proteínas contienen azufre, muchos lípidos, carbohidratos y fósforo.

El componente orgánico está constituido por carbohidratos, lípidos, proteínas, ácidos nucleicos, ácidos orgánicos y vitaminas. Los carbohidratos son los más abundantes en todos los vegetales y en la mayoría de las semillas.

Las proteínas son el principal compuesto nitrogenado de las plantas, el contenido es elevado cuando son jóvenes y desciende a medida que las

mismas maduran. Otros compuestos orgánicos presentes en el forraje son los ácidos nucleicos, pero los mismos son de mucha menor cuantía que las primeras.

Los ácidos orgánicos y vitaminas son los restantes componentes de la materia seca vegetal.

Fibra Detergente Neutro (FDN)

Es la fibra que queda luego de hervir al forraje en una solución de detergente neutro (sulfato lauril-sódico y ácido etilen-di-amino-tetra-acético, EDTA). En el tratamiento todo el contenido celular se disuelve y queda lo correspondiente a la pared celular (celulosa, hemicelulosa y lignina)

Fibra en Detergente Ácido (FDA)

Es el residuo que queda luego de someter a la fibra detergente neutro a una solución de detergente ácido (ácido sulfúrico y bromuro de acetiltrimetilamonio). En este proceso se extrae la hemicelulosa, de tal forma que la fibra remanente estará constituida por celulosa y lignina. Al igual que FDN, los resultados se deben expresar en porcentaje de la materia seca evaluada.

Energía Neta

Es la energía del alimento que queda disponible para fines útiles, o sea, para el mantenimiento corporal y los distintos procesos productivos. La energía neta se puede clasificar en EN de crecimiento y EN de lactación.

Esto es así porque el incremento calórico que se produce en el proceso de síntesis de leche es menor que el que se origina en la producción de carne.

Proteína bruta.

Además de energía, todos los animales necesitan para vivir y producir, ingerir diariamente una dosis determinada de proteínas. Las mismas deben cubrir los requerimientos de mantenimiento y a su vez aportar un excedente que será destinado a la síntesis de los productos determinados.

Sin lugar a dudas, la capacidad de aportar proteínas por parte de los forrajes es también un parámetro de calidad. En muchos alimentos, como el maíz, su determinación no es significativa, ya que al ser sus valores proteicos muy bajos se deberá recurrir indefectiblemente a la utilización de otros materiales para corregir esta deficiencia.

Las proteínas están constituidas, en promedio, por un 16 % de nitrógeno. Una vez evaluado el contenido nitrogenado se multiplica el valor obtenido por 6.25, para transformar ese 16 % de nitrógeno en cantidad de proteína.

Hay que tener en cuenta la capacidad de los rumiantes, no así de los monogástricos, de transformar el nitrógeno en proteína sin importar cuál fuese su origen.

Si bien el concepto de calidad forrajera puede ser tema de discusión, sin lugar a duda las determinaciones de digestibilidad, energía y proteína son los mejores parámetros para realizar comparaciones, plantear conclusiones y llevar adelante programas nutricionales. Los análisis de

componentes de esos alimentos como FDN, FDA y LDA pueden ser utilizados ya sea para evaluaciones y/o comparaciones directas o para determinaciones indirectas de la digestibilidad de los materiales y de la energía que son capaces de aportar.
(<http://mejorpasto.com.ar/UNLZ/2004/TX4.htm#tx4>)

III. MATERIALES Y MÉTODOS.

Localización del área de estudio

La actual investigación experimental se llevó a cabo en el “Rancho Ampuero” el cual se encuentra ubicado a las orillas de la ciudad de Torreón Coahuila, cuyas características geográficas y climáticas son las siguientes:

- Latitud N 25° 33´
- Longitud W 103° 26´
- Altitud 1137 msnm
- Temperatura media anual 22.6°C
- Precipitación media anual 217.1 mm

Clima

Según el sistema de W. Koeppen la mayor parte del área cultivable de la Comarca Lagunera tiene clima seco de desierto, llueve durante el verano, temperatura caliente con media anual $\geq 18^{\circ}$ C (BWhw).

Suelo

Los suelos del área de estudio son de tipo fluvisol calcarico, son suelos con mas del 15% de saturación de sodio en algunas porciones a menos de 1.25 cm de profundidad.

Material genético utilizado

Para la realización de este trabajo de investigación se utilizó un híbrido de maíz forrajero de nombre comercial HT-7887 de la empresa semillera Hytest, originaria de Indiana; para el caso del Sorgo el híbrido utilizado fue la variedad "Fame" procedente de Texas, EUA.

Diseño experimental

El experimento se realizó en un diseño bloques al azar con siete tratamientos y cuatro repeticiones en los ciclos de maíz y sorgo, teniendo un total de 28 unidades experimentales, cada una constituida por 5 surcos de 10 metros de longitud y una separación de 0.76 metros entre surcos. Las dimensiones del área experimental fueron de 1500 m².

Tratamientos evaluados

Los diferentes tratamientos evaluados fueron fertilizaciones al suelo a base de composta sola, combinada con fertilizante químico y estiércol solo; utilizando como testigo un suelo sin fertilizante.

Para la fertilización química se aplicó Sulfato de Amonio, satisfaciendo la fórmula requerida para el cultivo, y las compostas utilizadas fueron tratadas en el Rancho Ampuero.

Las compostas de estiércol utilizadas fueron tratadas en el Rancho Ampuero, igualmente el estiércol que se aplicó al suelo provino del mismo Rancho.

Los diferentes tratamientos son los siguientes:

- **Tratamiento 1:** 100%FQ (22.2kg de SA).
- **Tratamiento 2:** Testigo.
- **Tratamiento 3:** 100%C (1136 kg de Composta).
- **Tratamiento 4:** 75% FQ+25%C (284kg Composta+19.65kg SA).
- **Tratamiento 5:** 25% FQ+25%C (852kg Composta+6.55kg SA).
- **Tratamiento 6:** 50% FQ+50%C (568kg Composta+13.1kg SA).
- **Tratamiento 7:** 100% E (710kg de Estiércol).

Los tratamientos se distribuyeron en un diseño de bloques al azar con 4 repeticiones.

Muestreos de suelo

Antes de realizar la siembra, se hicieron muestreos de suelo de cada tratamiento en diferentes puntos del área del experimento, con ayuda de una barrena se obtuvieron 3 muestras las cuales se mezclaron y se tomó un kg de suelo para ser analizado en el laboratorio.

De igual manera se tomaron muestras antes de la siembra del cultivo de sorgo.

Preparación del terreno

La preparación del terreno para la siembra de ambos cultivos se realizó mecánicamente realizándole dos pasos de rastra. Posteriormente se midieron las dimensiones de cada tratamiento para aplicar las cantidades de

composta, fertilizante químico y estiércol correspondientes a cada tratamiento, esta labor de aplicación fue en forma manual.

Riego

Se utilizó cinta de riego por goteo Typhoon 630, con espesor de pared de 12.5 mil, colocada de manera subsuperficial a 0.40 m de profundidad. La distancia entre cintas de riego es de 0.60 m. La distancia entre goteros, 0.30 m. El gasto por gotero es de 0.946 lph. La lámina de agua aplicada se obtuvo multiplicando la evaporación diaria * (0.8). En el cultivo de maíz y sorgo se aplicaron 3 riegos por semana (lunes, miércoles y viernes) tomando en cuenta la evaporación correspondiente a cada mes del ciclo.

Siembra y cosecha

Maíz: 31 de marzo de 2005.

Sorgo: 23 de Agosto de 2005.

La siembra se realizó mecánicamente a una distancia entre plantas de maíz 12 cm resultando una densidad de 90,000 plantas/ha.

En sorgo la distancia entre planta fue de 4 cm resultando una densidad aproximada de 333,333 plantas/ha.

La siembra se realizó en seco, aplicando después el riego correspondiente por aspersion y luego por goteo. Posteriormente se procedió a identificar los caracteres agronómicos a evaluar y finalmente se cosechó.

La época de cosecha como se mencionó anteriormente en maíz se realizó el 8 de julio, y en el cultivo de sorgo la cosecha se llevó a cabo el 24

de noviembre del año 2005, la cosecha se realizó con la ayuda de maquinaria.

Fertilización.

En ambos cultivos se fertilizó utilizando la fórmula 250-00-00, calculando los requerimientos de estiércol composta y fertilizante químico, tomando en cuenta que el estiércol utilizado contiene 1.8 unidades de N y la composta 1.5 unidades de N, además el estiércol presenta un 40% y la composta 30% de N disponible para las plantas.

La aplicación se llevó a cabo en forma manual para cada tratamiento.

Otras labores culturales.

Deshierbes

Se eliminaron hierbas en las primeras etapas de crecimiento del cultivo, según las necesidades, esto se realizó manualmente por las facilidades en cuanto a dimensiones del terreno.

Control fitosanitario

Se llevó a cabo de manera preventiva y curativa utilizando productos químicos. La principal plaga que atacó al cultivo de maíz fue el gusano cogollero.

Variables Evaluadas

Se llevaron a cabo 4 muestreos en maíz, a los 25, 50, 75, y 100 días después de la siembra; y en sorgo únicamente tres muestreos a los 30, 60 y

90 días después de la siembra. En cada muestreo se cosecharon dos plantas de cada tratamiento y repetición considerando que fueran muestras representativas de cada tratamiento. En cada una de las parcelas se midieron las características agronómicas mencionadas a continuación:

Altura de planta

Es la distancia en cm desde la base del tallo hasta la parte más alta de la hoja; la cual se obtuvo de 2 plantas al azar por unidad experimental.

Área foliar

Para la evaluación de área foliar, las mismas plantas a las que se les midió la altura se seccionaron en partes separando hojas y tallos. El área foliar se determinó con un equipo medidor de área foliar, modelo LI – 3100, LI –COR, Lincoln, Nebraska, las unidades de medición fueron cm^2 .

Peso seco de planta

Cada planta se separó en hojas y tallos en bolsas de papel etiquetadas por separado de acuerdo a cada uno de los tratamientos, llevándose después a la estufa de aire caliente donde permanecieron a 70°C durante 48 horas, para posteriormente tomarles el peso en una báscula digital.

Variables fisiológicas

Para la medición de estas variables: (fotosíntesis, conductancia estomática) se utilizó un equipo Analizador de CO_2 LI-6200 de Li-Cor, Lincoln, Nebraska.

También se calculo la fotosíntesis total una vez obtenida la fotosíntesis unitaria con relación al área total de la planta por medio de conversiones en computadora.

Medición de clorofila

El porcentaje de clorofila se midió en campo, tomando la tercera hoja de la parte de arriba hacia abajo en el cultivo de maíz, mientras que en el sorgo se tomo el valor de la hoja bandera con la ayuda de un aparato medidor de clorofila modelo: SPAD 502 a tres plantas de cada una de las parcelas experimentales.

Análisis de contenido de nitrógeno

La hoja muestreada fue la misma a la que se le determino el contenido de Clorofila, la cual fue evaluada en laboratorio por el Método Kjeldahl para la determinación de Nitrógeno total obtenida en %. Con ayuda de la formula para el calculo se obtuvo en mg de nitrógeno por muestra que se analizó y es así como se presentan los valores en los resultados.

$$\text{Mg de N} = \frac{(V1-V2)N \times 0.014}{W} \quad \text{donde:}$$

V1= Volumen del titulante.

V2= Volumen después de titular.

N= Normalidad del H₂SO₄.

0.014= Meq/N.

W= Peso de muestra original (0.2g)

Rendimiento de Forraje verde

Para la determinación del total de forraje verde se cosechó un metro lineal de plantas, las cuales fueron pesadas con una bascula digital, del peso obtenido se hizo su respectiva conversión sobre una ha.

Rendimiento de forraje seco

El forraje seco se obtuvo después de someter las muestras en una estufa de aire caliente a 70°C durante 48 horas después fueron pesadas y se obtuvo el peso seco.

Análisis bromatológico

El análisis bromatológico se llevó a cabo en los laboratorios AgroLab México, S A de C.V. ubicado en Gómez Palacio, Durango, para las muestras del cultivo de maíz y el cual determinó: Proteína cruda, Fibra Detergente Ácido, Fibra Detergente Ácido Libre de Cenizas, Fibra Detergente Neutro, Fibra Detergente Neutro Libre de Cenizas, Cenizas, CNF, TDN, Energía Neta de Lactancia, Energía Neta de Mantenimiento, Energía Neta de ganancia.

Índices de crecimiento

TRC = Tasa relativa de crecimiento. La TRC es el incremento de material vegetal por unidad de material vegetal presente, por unidad de tiempo. Representa la eficiencia de la planta como productora de nuevo material vegetal.

$$TRC = \frac{(\ln PSP_2 - \ln PSP_1)}{(T_2 - T_1)} = \frac{g}{dia}$$

La TRC se define como el incremento en biomasa presente por unidad de tiempo.

TAN= Tasa de asimilación neta. Es la cantidad de materia seca producida por unidad de hoja y por unidad de tiempo.

$$TAN = \frac{(PSP_2 - PSP_1)}{(AF_2 - AF_1)} \times \frac{(\ln AF_2 - \ln AF_1)}{(T_2 - T_1)} = \frac{g}{cm^2 \times dia}$$

RAF= Relación área foliar (Torre, 1984) citado por (Quero, 1997). La RAF es la relación que existe entre el área foliar y el peso seco total de la planta.

$$RAF = 0.5 * (AF_1 / PSP_1 + AF_2 / PSP_2) = \frac{cm^2}{g}$$

Donde:

PSP₂ y PSP₁ Se refiere a los pesos secos de la planta a los 25, 50, 75 y 100 días después de siembra, respectivamente.

AF₁ y AF₂, son los valores de área foliar (cm²) a los 45, 52, 59 y 66 días después de siembra, respectivamente.

T₁ es el tiempo del primer muestreo

T₂ es el tiempo del segundo muestreo

Análisis estadístico

Se realizó un ANVA para cada una de las características agronómicas, el cual se calculó mediante el paquete computacional *Statistical Analysis System* (SAS).

Modelo estadístico

En esta investigación se utilizó el siguiente modelo estadístico:

$$Y_{ij} = \mu + ti + rj + eij$$

Donde:

Y_{ij} = Valor de la variable correspondiente.

μ = Media general.

T_i = Efecto del i-ésimo tratamiento.

r_j = Efecto de la j-ésima repetición.

E_{ij} = Efecto del error experimental.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el presente trabajo se observó diferencia significativa para la mayoría de las variables evaluadas, por lo que se puede considerar que se cumplió con los objetivos planteados y además es posible identificar los tratamientos sobresalientes en producción de forraje.

Para la descripción de los resultados se mostrarán los resultados de maíz y sorgo en forma separada para un mejor desarrollo y entendimiento.

Cultivo Maíz

Análisis Físico-Químico del suelo

En el cuadro 4.1 se reportan los resultados obtenidos de las muestras de suelo del área experimental referente a cada tratamiento antes de la siembra del cultivo de maíz, donde la determinación de la estructura indica que es un suelo de migajón a migajón arcilloso, según el triángulo de texturas.

El contenido de nitrógeno total es extremadamente pobre, la conductividad eléctrica indica que es un suelo no salino.

Respecto al pH no se observó variación con tratamientos respectivamente, considerándose como un suelo medianamente alcalino.

El fósforo aprovechable de las muestras es medianamente pobre en el tratamiento de 100% FQ con 6.6 kg de fósforo/ha, mientras que para el resto de los tratamientos la clasificación se considera mediana; en el caso del potasio sus valores son mayores de 900 kg/ha, considerándose como un suelo extremadamente rico.

Cuadro 4.1. Análisis físico-químico de las muestras de suelo obtenidas antes de la siembra de maíz con los diferentes tratamientos de composta sola, combinada con fertilización química y estiércol del área experimental en el Rancho “Ampuero”, Torreón, Coah.

	100%FQ	Testigo	100%C	75%Q+25% C	25%Q+75% C	50%Q+50% C	100%E
pH	8.0 Medio Alcalino	8.14 Medio Alcalino.	8.11 Medio alcalino	7.89 Medio alcalino	7.84 Medio alcalino	8.22 Medio alcalino	7.91 Medio alcalino
C.E. ds/m	1.029 Suelo no Salino	0.839 Suelo no Salino.	1.029 Suelo no Salino	0.68 Suelo no Salino	0.75 Suelo no Salino	0.76 Suelo no salino	0.87 Suelo no Salino
Mat. Org.	0.94 Mediano	0.94 Mediano	1.23 Mediano	1.08 Mediano	1.59 Mediano	1.08 Mediano	1.30 Mediano
N Total %	0.047 Pobre	0.047 Pobre	0.061 Pobre	0.05 Pobre	0.059 Pobre	0.054 Pobre	0.065 Pobre
P (kg/ha)	6.6 medio pobre	22.05 mediano	49.5 mediano	34.05 mediano	36.45 mediano	36.0 mediano	34.2 mediano
K (kg/ha)	Mas de 900 muy rico	Mas de 900 muy rico	Mas de 900 muy rico	Mas de 900 muy rico	Mas de 900 muy rico	Mas de 900 muy rico	Mas de 900 muy rico
Carb. Tot.%	2.49 muy bajo	2.98 muy bajo	2.0 muy bajo	2.98 muy bajo	2.49 muy bajo	2.49 muy bajo	2.0 muy bajo
Textura	Migajón	Migajón arcilloso	migajón	migajón	Migajón arcilloso	migajón	Migajón

De los análisis estadísticos.

Altura de planta

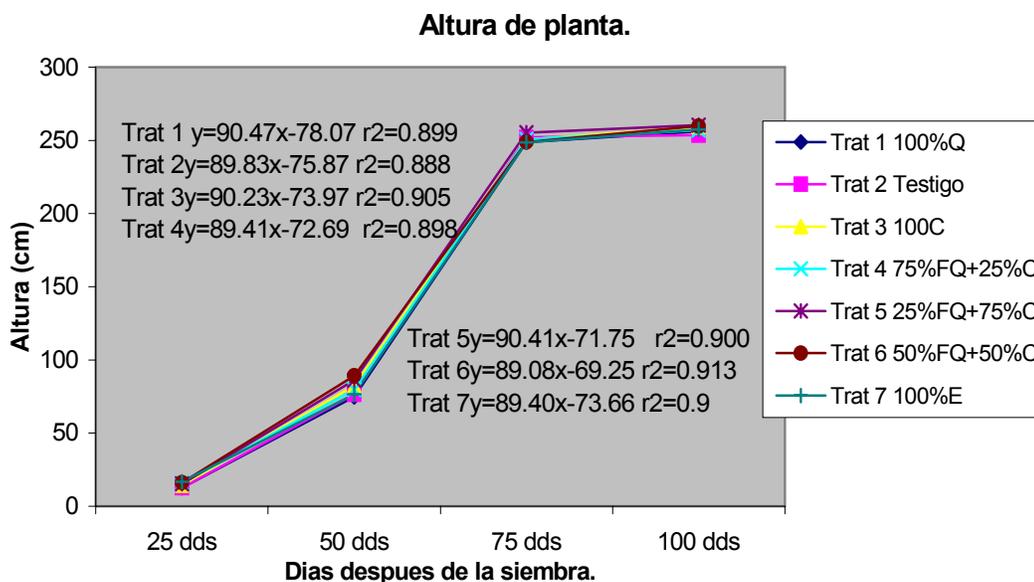


Figura 4.1. Altura de planta en el cultivo de maíz con diferentes tratamientos de composta sola, combinada con fertilización química y estiércol solo.

En los muestreos de altura de planta el análisis de varianza para cada una de las fechas de muestreo se observó que en los primeros dos muestreos realizados a los 25 y 50 dds los tratamientos fueron diferentes ($p \leq 0.05$) (Cuadro 2 del apéndice), lo contrario sucedió en los muestreos realizados a los 75 y 100 dds no se observó significancia, lo que nos indica que los tratamientos al suelo tuvieron una mayor influencia hasta los 50 días, después los tratamientos tuvieron una altura similar en la altura de planta. La altura de planta no siempre es el mejor indicador de rendimiento, las correlaciones computadas entre altura de planta y rendimiento no mostraron significancia a los niveles de probabilidad requeridos. En la figura 4.1, se muestra que todos los tratamientos

tuvieron un crecimiento de altura de planta que asemejan un modelo lineal, con valores de $r^2 = 0.88-0.90$.

Área foliar

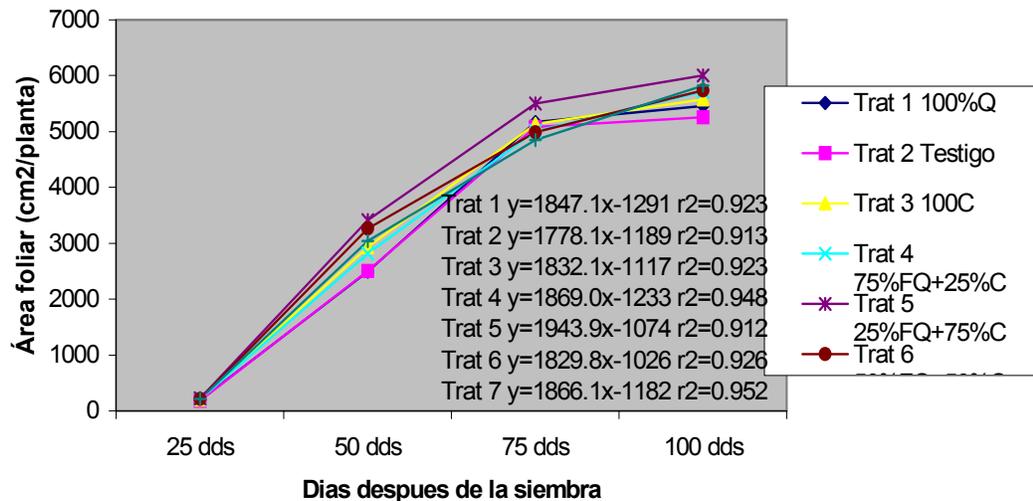


Figura 4.2. Área foliar en el cultivo de maíz con diferentes tratamientos de composta sola, combinada con fertilización química y estiércol solo.

A los 25 dds los tratamientos estudiados tuvieron un comportamiento estadísticamente similar ($p \leq 0.05$). A los 50 dds los tratamientos similares al testigo fueron 75%FQ+25%C y 100%C, una situación similar se presentó a los 75 dds, pero además de los tratamientos ya mencionados más los representados por 50%FQ+50%C y 100%C fueron similares al testigo en área foliar. A los 100 dds solo el tratamiento de 100%C fue estadísticamente inferior conjuntamente con el testigo en producción de área foliar (Cuadro 4.2). Quizá el último muestreo, 100 dds, sea el que tiende a ser más representativo al final del ciclo vegetativo porque es el más allegado al momento de la cosecha. Por lo que cabría destacar que la mayoría de los tratamientos al suelo tuvieron

un efecto positivo en la producción de superficie foliar en el cultivo de maíz.

La producción de área foliar al igual que la altura de planta, podría decirse que tuvieron una descripción lineal, figura 4.2.

Cuadro 4.2. Comparación de medias de área foliar en el cultivo de maíz con diferentes tratamientos de composta sola, combinada con fertilización química y estiércol solo.

Tratamientos	Área foliar 25 dds cm ²	Área foliar 50 dds cm ²	Área foliar 75 dds cm ²	Área foliar 100 dds cm ²
FQ100	188.49	2494.6 c	5170.2 ab	5453.5 cd
25FQ+75C	222.43	3412.5 a	5501.9 a	6005.7 a
50FQ+50C	210.10	3262.7 ab	4984.7 ab	5735.3 abc
75FQ+25C	216.31	2809.8 bc	5010.0 ab	5716.0 abc
100C	207.85	2932.0 abc	5136.6 ab	5578.1 bcd
100E	210.50	3042.4 ab	4851.8 b	5827.8 ab
Testigo	186.21	2502.2 c	5081.8 ab	5253.5 d
DMS	56.27 NS	506.18	563.59	358.45

Tratamientos con la misma literal no difieren entre sí, DMS (0.05).

Peso seco

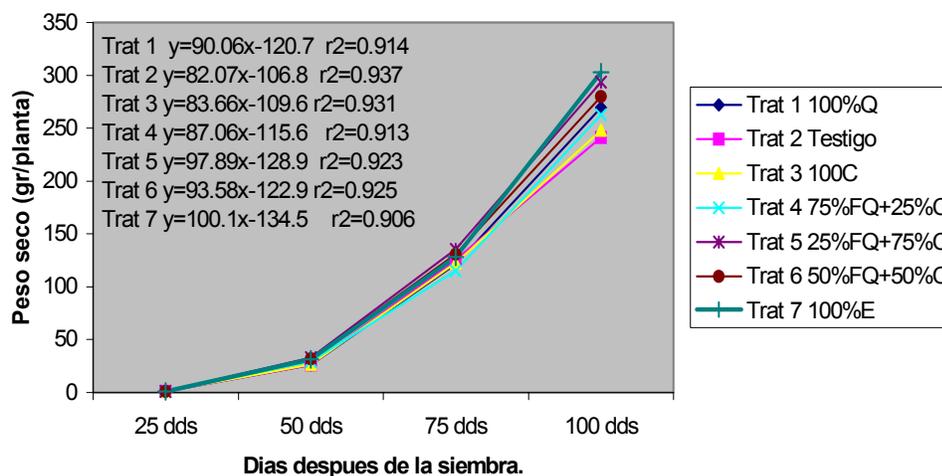


Figura 4.3. Peso seco de planta en el cultivo de maíz con diferentes tratamientos de composta sola, combinada con fertilización química y estiércol.

En los muestreos realizados a los 25, 50 y 75 dds la mayoría de los tratamientos a excepción del tratamiento de 25%FQ+75%C, fueron similares estadísticamente al testigo, mientras que a los 100 dds los tratamientos 100%E, 25%FQ+75%C, 50%FQ+50%C y el 100%Q, fueron los tratamientos que tuvieron una mejor respuesta en acumulación de materia seca, superando al testigo (Cuadro 4.3).

De acuerdo con los resultados presentados anteriormente para área foliar en la figura 4.2 se observa que al usar estas dosis se obtiene una mayor acumulación de área foliar y por consecuencia altos pesos secos de planta.

Cuadro 4.3. Comparación de medias de peso seco en el cultivo de maíz con diferentes tratamientos de composta sola, combinada con fertilización química y estiércol solo.

Tratamientos	Peso seco de planta 25 dds g	Peso seco de planta 50 dds g	Peso seco de planta 75 dds g	Peso seco de planta 100 dds g
FQ100	0.83 ab	26.09 b	121.28 ab	269.33 abcd
25FQ+75C	1.21 a	33.19 a	135.37 a	293.46 ab
50FQ+50C	1.18 ab	31.80 ab	130.86 ab	280.12 abc
75FQ+25C	1.115ab	29.24 ab	115.09 b	262.71 bcd
100C	0.87 ab	26.84 ab	122.24 ab	247.96 cd
100E	1.117ab	31.45 ab	128.24 ab	302.80 a
Testigo	0.80 b	25.93 b	125.30 ab	241.27 d
DMS (0.05)	0.40	6.95	17.99	34.87

Tratamientos con la misma literal no difieren entre sí, DMS (0.05).

Correlación SPAD 502-nitrógeno

La relación entre el nitrógeno extraído de las hojas y las lecturas SPAD se puede observar en las Figuras 4.4, 4.5 y 4.6.

En las figuras 4.4, 4.5 y 4.6 existe una baja correlación entre el contenido de nitrógeno en hoja y las lecturas del SPAD-502.

Un color más oscuro en las hojas (valores más altos de SPAD) implica mayores contenidos de nitrógeno en las mismas.

Los resultados del presente estudio en las figuras 4.4, 4.5 y 4.6 no coinciden con los de los estudios realizados por Wood *et al.*, (1992), Vos y Bom (1993). Estos autores estudiaron la relación entre los valores SPAD y el contenido de nitrógeno en plantas de maíz y en plantas de papa del cultivar Vebea. Afirman que esta relación es alta y que se explica con una regresión curvilínea en maíz y con una regresión lineal en papa.

Monje y Bugbee (1992), indican que las lecturas del SPAD-502 varían en función de la especie y las condiciones de crecimiento. El medidor portátil de clorofilas Minolta SPAD-502 debe ser calibrado para la especie e incluso, para la variedad y cultivar en la que se quieran hacer las medidas y para las condiciones de crecimiento del cultivo. Una de las limitaciones de este medidor es que sus lecturas no se han estandarizado para diferentes especies, variedades, localidades y estados de crecimiento. Estos autores también aseguran en su estudio, que para que las lecturas con el SPAD-502 sean válidas, es necesario tomar múltiples lecturas de cada hoja y evitar en todo momento las nervaduras de la hoja y las zonas necróticas y cloróticas.

La relación entre los valores SPAD y el contenido de nitrógeno de la planta depende, en gran medida, del estado fenológico del cultivo, de las condiciones de crecimiento del cultivo y de las condiciones climáticas Takebe y Yoneyama (1989), Wood *et al.* (1992). Diversos autores, (Takebe y Yoneyama (1989), Wood *et al.* (1992) afirman que no todo el nitrógeno de la planta está asociado a la molécula de clorofila. Puede ser

que en este trabajo las lecturas SPAD-nitrógeno se hayan realizado en estados fenológicos en los que no todo el nitrógeno esté relacionado a la clorofila.

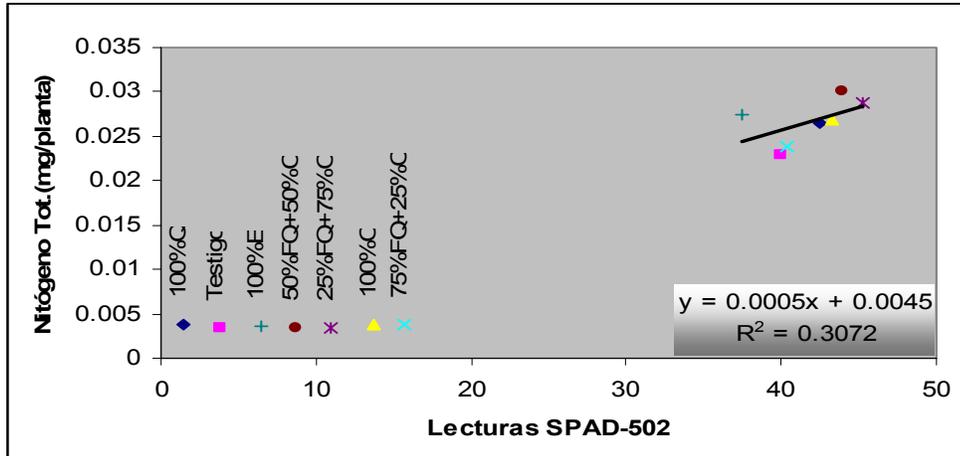


Figura 4.4. Relación SPAD-502 y nitrógeno a los 50 dds en el cultivo de maíz.

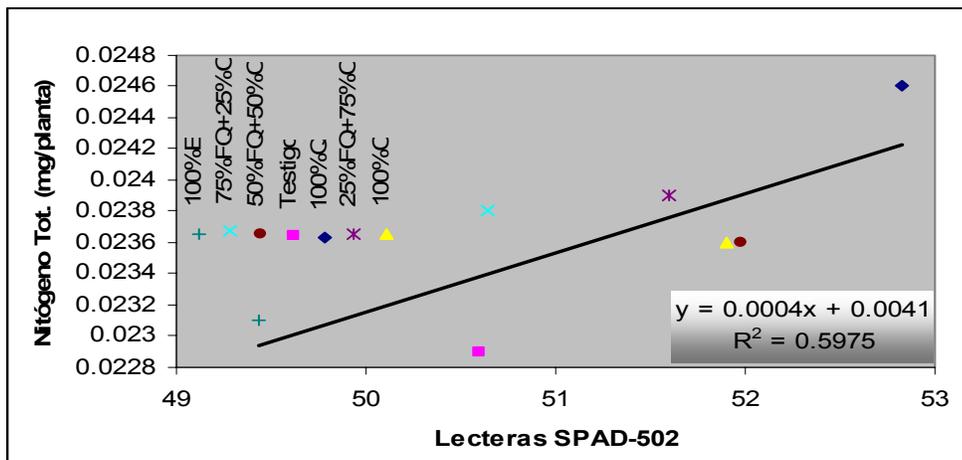


Figura 4.5. Relación SPAD-502 y nitrógeno a los 75 dds en el cultivo de maíz

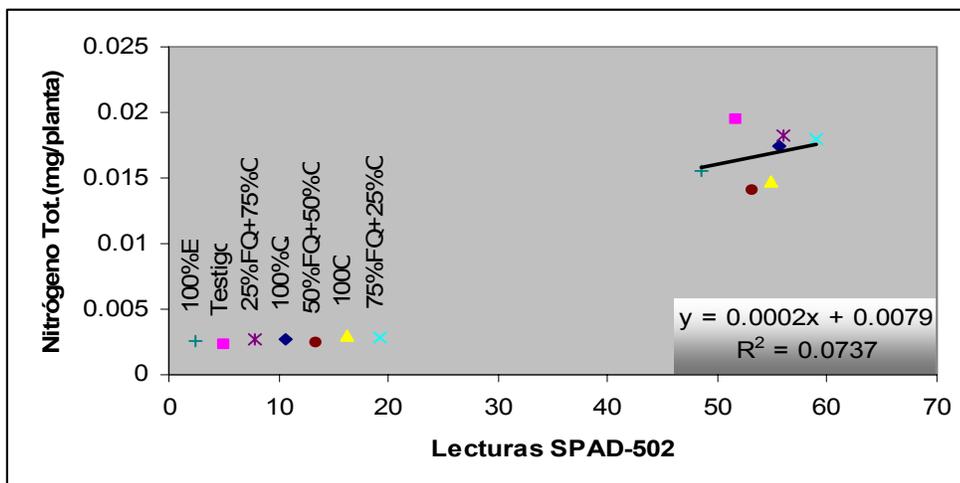


Figura 4.6. Relación SPAD-502 y nitrógeno a los 100 dds en el cultivo de maíz

Tasa relativa de crecimiento

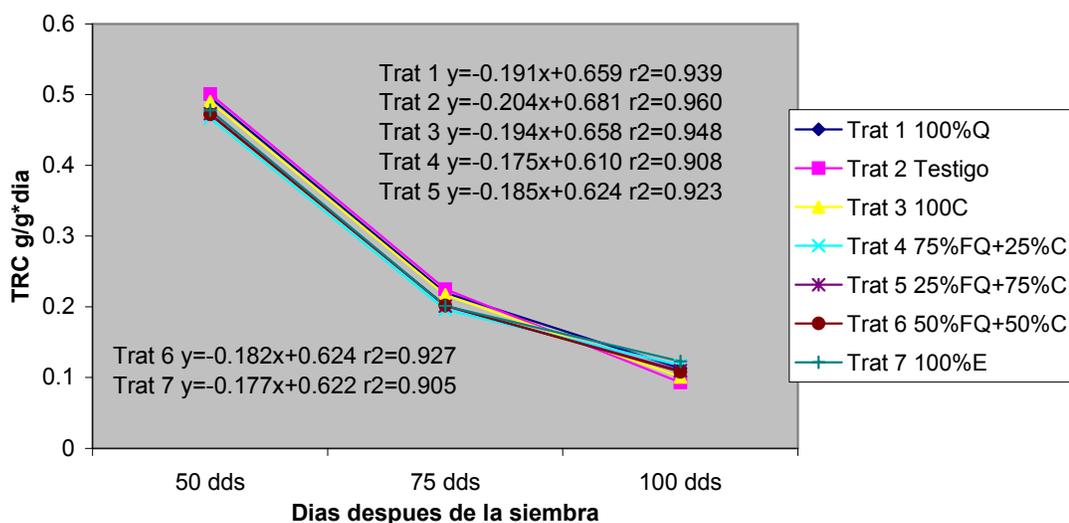


Figura 4.7. Tasa relativa de crecimiento de la planta en el cultivo de maíz con diferentes tratamientos de composta sola, combinada con fertilización química y estiércol.

Al realizar los análisis de varianza para cada una de las fechas de muestreo se observó que todos los tratamientos tendieron a comportarse de manera similar (Figura 4.7).

Se pudo observar que al inicio la TRC es alta, pero esta eficiencia disminuye a través del tiempo. La eficiencia general del crecimiento medida por la TRC es inicialmente alta y decae con el tiempo lo cual coincide con lo reportado por Hernández (2003) en cilantro donde la TRC es alta en las primeras evaluaciones, disminuyendo conforme pasa el tiempo, pero se contrapone con los resultados de TRC para el cultivo de haba reportados por Solórzano *et al.* (1982), quien indica que la TRC no cambia a través del tiempo.

Tasa relativa de crecimiento foliar

Para la tasa relativa de crecimiento foliar se puede observar que presentó ausencia en diferencia significativa a los 75 dds únicamente (cuadro 1 del Apéndice).

El índice de TRCF es uno de los más importantes e interesantes valores sostenidos durante el desarrollo del cultivo pues mediante una alta producción de área foliar existe un mayor aparato fotosintético y a partir de este puede influir en un mejor rendimiento.

La TRCF Figura 4.8, presenta una alta eficiencia en producción en la fecha de 50 dds, pero la eficiencia se pierde conforme el tiempo pasa, observándose una tendencia más estable después de los 75 dds en adelante.

Es posible que la pérdida de eficiencia en la TRCF pueda deberse en parte a que en la etapa inicial del cultivo, hasta los 50 dds la mayor cantidad de fotoasimilados puedan dirigirse hacia la producción de hojas y tallos. Después, a los 75-100 dds es posible que los fotoasimilados

puedan dirigirse más hacia la producción de mazorca y espiga, quizá por eso los valores tiendan a disminuirse. Aunque no efectuamos lecturas de las etapas de desarrollo del cultivo en la primera estación de crecimiento, en la segunda estación de crecimiento, año 2006, se estudiarán de una manera más detallada dichas etapas para un mejor entendimiento de los índices de crecimiento.

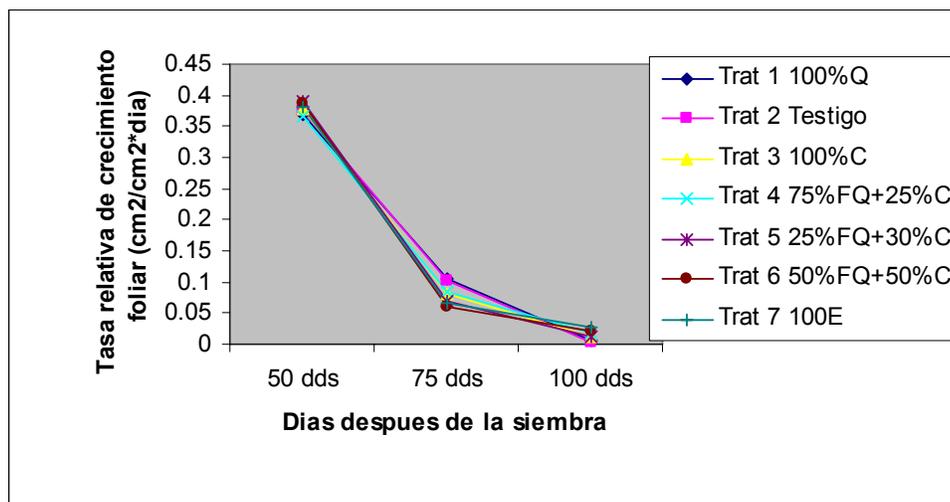


Figura 4.8. Tasa relativa de crecimiento foliar de la planta en el cultivo de maíz con diferentes tratamientos de composta sola, combinada con fertilización química y estiércol.

Tasa de asimilación neta

A los 50 dds, los tratamientos tuvieron una TAN estadísticamente similar entre si ($p \leq 0.05$). A los 75 dds inclusive, se presentó un valor estadísticamente inferior al testigo (75%FQ+25%C). A los 100 dds, el testigo tendió a presentar los menores valores de TAN con $0.0032 \text{ g/cm}^2 \cdot \text{día}$ (Cuadro 4.4).

La TAN como lo indica la formula se refiere a la ganancia en gramos del total de peso seco por planta, expresado por cada cm^2 por cada día, lo que hace que los valores presentados sean el promedio de cada día durante el ciclo vegetativo del cultivo, lo que permitiera expresar

ese diferencial pequeño en ganancia en un mayor valor si consideramos el ciclo del cultivo.

Cuadro 4.4. Comparación de medias de tasa de asimilación neta en el cultivo de maíz con diferentes tratamientos de composta sola, combinada con fertilización química y estiércol solo.

Tratamientos	Tasa de asimilación neta 50 dds g/cm ² *dia	Tasa de asimilación neta 75 dds g/cm ² *dia	Tasa de asimilación neta 100 dds g/cm ² *dia
100%Q	0.004	0.0037 ab	0.0040 ab
25%FQ+75%C	0.0039	0.0033 ab	0.0039 ab
50%FQ+50%C	0.0038	0.0034 ab	0.0039 ab
75%FQ+25%C	0.004	0.0032 b	0.0039 ab
100C	0.0035	0.0034 ab	0.0033 b
100%E	0.004	0.0035 ab	0.0046 a
Testigo	0.004	0.0039 a	0.0032 b
DMS (0.05)	0.0007NS	0.0006	0.001

Tratamientos con la misma literal no difieren entre sí, DMS (0.05).

Fotosíntesis total

En la Figura 4.9, se observa una más amplia dispersión de la fotosíntesis aparente a los 50 dds con respecto a los 75 dds.

Los valores de fotosíntesis tendieron a disminuir conforme el tiempo avanzó (Figura 10). Para un más claro entendimiento del comportamiento de la fotosíntesis con respecto al tiempo, se sugiere, un mayor número de muestreos, por ejemplo, cuatro: a los 25, 50, 75 y 100 dds.

Es posible de igual manera que la fotosíntesis unitaria y la fotosíntesis aparente puedan ser explicadas por la conductancia estomática con un mayor número de muestreos ya que únicamente se realizaron dos.

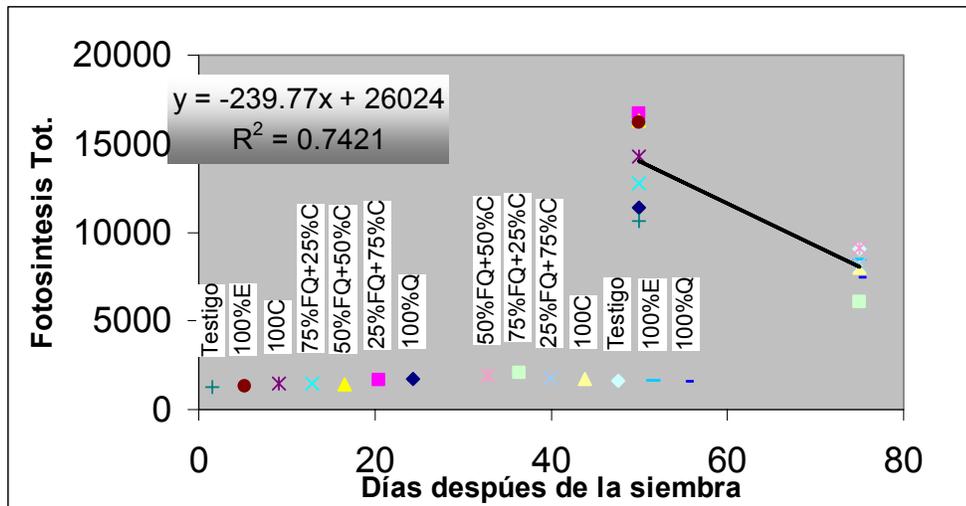


Figura 4.9. Fotosíntesis total a los 50 y 75 dds en el cultivo de maíz con diferentes tratamientos de composta sola, combinada con fertilización química y estiércol.

Calidad del forraje

Los valores de fibra detergente ácido y neutro del forraje de maíz deben encontrarse entre los rangos 25 al 32% y 40 al 52% respectivamente para asegurar que el forraje es de alta calidad de acuerdo a Herrera 1999. El contenido de fibra va en contra de la digestibilidad, a mas fibra menos digestibilidad.

Cuadro 4.5. Criterios de calidad para fuentes forrajeras

Concepto	Baja calidad	Alta calidad
Contenido de Fibra Detergente Neutro FDN	Mas de 60%	De 40 a 52%
Contenido de Fibra Detergente Ácido. FDA	Mas de 35%	De 25 a 32%
Energía Neta de Lactancia. Enl	Menos de 1.4 Mcal/kg	Mas de 1.45 Mcal/kg
Digestibilidad de Materia Seca. Dms	Menos de 60%	Mas del 65%

La energía neta de lactancia es la energía que la vaca ocupa para producir leche, en el caso de maíz se requiere de al menos 1.65 megacalorías de ENL, para que no se tenga que suplementar el forraje con otras fuentes de energía como granos de maíz, soya, algodón, etc.

Del análisis de varianza no se encontró diferencia significativa entre tratamientos (Cuadro 3 del Apéndice) para la Energía Neta de Lactancia, Contenido de Fibra Detergente Ácido y Fibra Detergente Neutro. Considerando los resultados arriba descritos, se observa que todas las muestras de cada tratamiento cumplen con los diferentes caracteres de producción y calidad del forraje comparando los valores promedio del Cuadro 3 del apéndice.

Rendimiento de forraje.

Una de las variables más importante que se analizaron en este trabajo fue el rendimiento de forraje.

Para el rendimiento de forraje verde en maíz los tratamientos: 25%FQ+75%C, 75%FQ+25%C, 100%FQ y 50%FQ+50%C superaron estadísticamente al testigo en producción de forraje verde respectivamente.

Para la producción de forraje seco quedaron agrupados como los tratamientos más sobresalientes 100%Q, 25%FQ+75%C, 75%FQ+25%C y 50%FQ+50%C siendo el tratamiento estadísticamente ($p \leq 0.05$) menos rendidor el testigo con 18.68 t ha^{-1} de forraje seco (Cuadro 4.5). Dicha información nos indica la influencia positiva de los tratamientos al suelo en la expresión del carácter rendimiento.

Los resultados nos indican que existen combinaciones de fertilización química, composta y estiércol que pueden competir con otras aplicaciones de fertilización a base de productos químicos.

Cuadro 4.6. Comparación de medias de rendimiento de forraje verde y seco en el cultivo de maíz con diferentes tratamientos de composta sola, combinada con fertilización química y estiércol solo.

Tratamientos	Rendimiento de forraje verde ton/ha	Rendimiento de forraje seco ton/ha
FQ100	103.78 ab	35.27 a
25FQ+75C	110.04 a	34.83 ab
50FQ+50C	102.59 abc	31.48 bc
75FQ+25C	107.43 a	32.44 ab
100C	95.02 bcd	27.81 cd
100E	92.74 cd	32.61 ab
Testigo	87.91 d	25.04 d
DMS (0.05)	10.12	3.71

Tratamientos con la misma literal no difieren entre sí, DMS (0.05).

Cultivo de sorgo.

Análisis físico-químico del suelo

Los resultados obtenidos de los muestreos realizados después de la cosecha de maíz y antes de la siembra de sorgo se reportan en el cuadro 4.7.

El contenido de nitrógeno diagnosticado con el método Kjeldal fue de 0.071% en el tratamiento 75%FQ+25%C como menor valor y 0.084 como mayor valor en el tratamiento 100%C, considerándose todos los tratamientos como pobres.

El fósforo aprovechable presentó una importante variación en el tratamiento 100%Q con 13.7 kg/ha clasificándose como muy pobre, en cambio en el tratamiento de 100C con 96.3 kg/ha se consideró como muy rico y para el resto de los tratamientos se encontraron clasificados como mediano.

El contenido de Potasio en el suelo se presentó como era de esperarse como un suelo extremadamente rico.

Respecto al pH, el tratamiento 100%E fue medianamente alcalino, y para el resto de los tratamientos se mantuvieron ligeramente alcalinos.

La materia orgánica se presentó en el suelo muestreado como mediano presentando valores que van desde 1.42 hasta 1.97%.

Cuadro 4.7. Análisis físico-químico de las muestras de suelo después de la siembra de maíz obtenidas con los diferentes tratamientos de composta sola, combinada con fertilización química y estiércol del área experimental en el Rancho “Ampuero”, Torreón, Coah.

TRATAMIENTOS	pH	CE mmhos/cm	Materia orgánica %	Nitrógeno total kjel	Fósforo kg/ha	Potasio kg/ha
100% FQ	7.5 ligeramente alcalino	1.87 suelo salino	1.42 mediano	0.073 pobre	13.7 muy pobre	459 extrem. rico
75%FQ+25%C	7.72 ligeramente alcalino	1.021 suelo no salino	1.73 mediano	0.071 pobre	58.8 mediano	Mas de 900 extrem. rico
50%FQ+50%C	7.7 ligeramente alcalino	0.96 suelo no salino	1.83 mediano	0.079 pobre	55.3 mediano	Mas de 900 extrem. rico
25%FQ+75%C	7.51 ligeramente alcalino	1.045 suelo no salino	1.80 mediano	0.082 pobre	53.5 mediano	Mas de 900 extrem. rico
100%C	7.73 ligeramente alcalino	0.98 suelo no salino	1.97 mediano	0.084 pobre	96.3 muy rico	Mas de 900 extrem. rico
100%E	7.8 medianamente alcalino	1.83 suelo no salino	1.68 mediano	0.080 pobre	49 mediano	Mas de 900 extem. rico
TESTIGO	7.7 ligeramente alcalino	1.76Suelo no salino	1.51 mediano	0.078 pobre	30.1 mediano	767 extremadament e rico

Altura de planta.

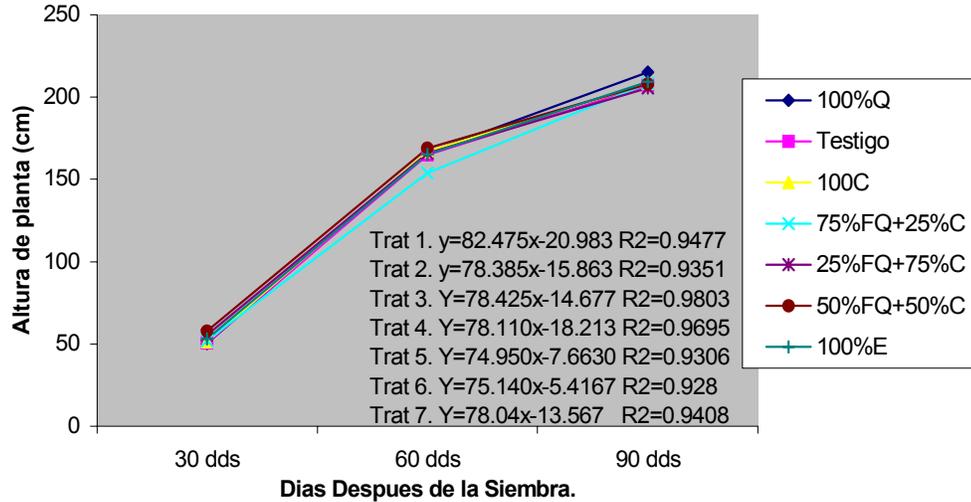


Figura 4.10. Altura de planta en el cultivo de sorgo con diferentes tratamientos de composta sola, combinada con fertilización química y estiércol solo.

Dentro de los muestreos realizados, a los 30 dds se observa que la mayoría de los tratamientos fueron similares al testigo, excepto el tratamiento 50%FQ+50%C que fue el que presentó la mayor altura de planta. A los 60 dds los tratamientos estudiados tuvieron un comportamiento estadísticamente similar ($p \leq 0.05$). A los 90 dds se observa que los tratamientos tuvieron un comportamiento diferente donde el tratamiento 25%FQ+75%C fue estadísticamente inferior que el testigo (Cuadro 4.8).

En la Figura 4.10, se muestra que todos los tratamientos tuvieron un crecimiento de altura de planta que asemeja un modelo lineal, con valores de $r^2=0.92-0.98$.

Cuadro 4.8. Comparación de medias de altura de planta en el cultivo de sorgo con diferentes tratamientos de composta sola, combinada con fertilización química y estiércol solo.

Tratamientos	Altura de planta cm 30 dds	Altura de planta cm 60 dds	Altura de planta cm 90 dds
100%Q	50.30 b	166.35	215.25 a
25%FQ+75%C	55.47 ab	165.87	205.37 b
50%FQ+50%C	57.72 a	168.87	208.00 ab
75%FQ+25%C	51.90 ab	154.00	208.12 ab
100C	51.40 ab	166.87	208.25 ab
100%E	53.17 ab	165.12	209.2 ab
Testigo	50.60 b	164.75	207.37ab
DMS (0.05)	6.90	17.17 NS	8.17

Tratamientos con la misma literal no difieren entre sí, DMS (0.05).

Área foliar

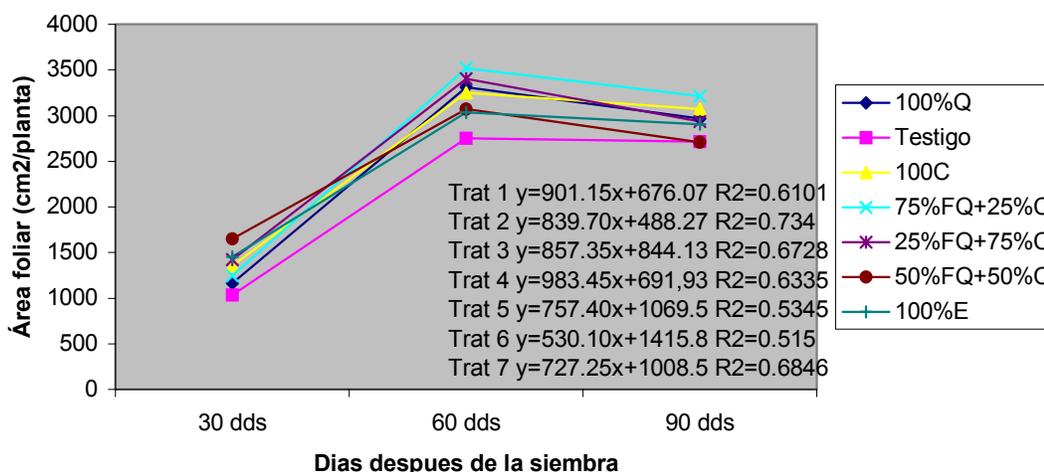


Figura 4.11. Área foliar de la planta en el cultivo de sorgo con diferentes tratamientos de composta sola, combinada con fertilización química y estiércol solo.

A los 30 dds los tratamientos 100%Q y 75%FQ+25%C fueron similares ($p \leq 0.05$).

A los 60 dds también fueron dos los tratamientos 50%FQ+50%C y 100%E que se comportaron de manera similar al testigo. A los 90 dds el testigo presentó la menor producción de superficie foliar, pero

estadísticamente los tratamientos 100%Q, 25%FQ+75%C, 50%FQ+50%C y 100%E fueron similares al testigo en área foliar (Cuadro 4.9).

El muestreo en la etapa final del cultivo en sorgo a los 90 dds quizá sea el que tiende a ser más representativo porque es el más allegado al momento de la cosecha.

Cabe destacar que la mayor superficie foliar se presentó a los 60 dds, esto se explica, ya que en la etapa final del cultivo, las plantas se vieron afectadas por la presencia de heladas lo cual afectó las hojas principalmente.

A pesar de esto, en la Figura 4.11 se podría decir que tuvo una descripción lineal.

Cuadro 4.9. Comparación de medias de área foliar en el cultivo de sorgo con diferentes tratamientos de composta sola, combinada con fertilización química y estiércol solo.

Tratamientos	Área foliar cm ² 30 dds	Área foliar cm ² 60 dds	Área foliar cm ² 90 dds
100%Q	1161.3 cd	3310.2 ab	2963.6 ab
25%FQ+75%C	1418.8 abc	3400.5 ab	2933.6 ab
50%FQ+50%C	1648.9 a	3070.1 bc	2709.5 b
75%FQ+25%C	1243.5 bcd	3522.6 a	3210.4 a
100C	1356.3 bc	3249.2 ab	3071.0 a
100%E	1450.8 ab	3033.0 bc	2905.3 ab
Testigo	1035.0 d	2751.4 c	2715.5 b
DMS (0.05)	286.78	398.87	348.94

Tratamientos con la misma literal no difieren entre sí, DMS (0.05).

Peso Seco

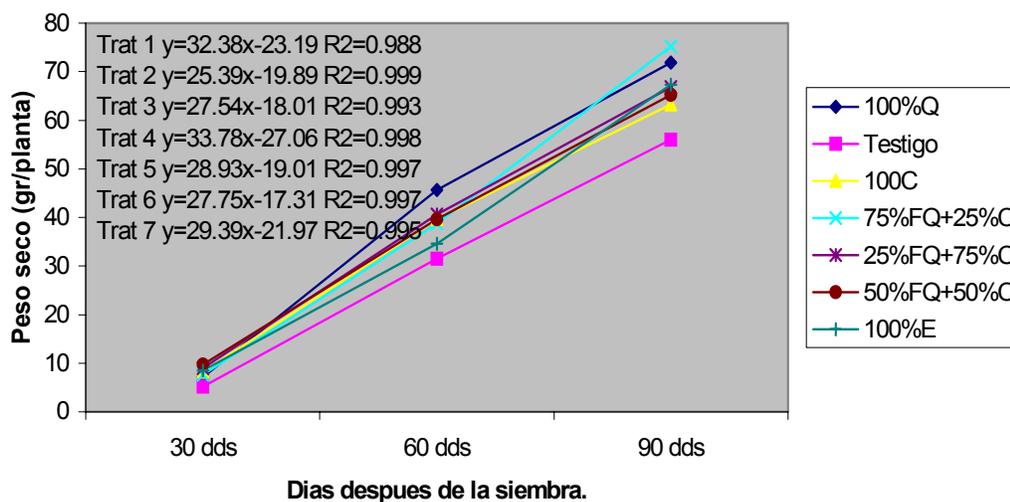


Figura 4.12. Peso seco de planta en el cultivo de sorgo con diferentes tratamientos de composta sola, combinada con fertilización química y estiércol solo.

Para la variable de peso seco de planta, a los 30 dds, los tratamientos 100%Q y 75%FQ+25%C se comportaron estadísticamente similar ($p \leq 0.05$) al testigo, cabe señalar que en la variable área foliar, los tratamientos antes mencionados tuvieron el mismo comportamiento en relación con el testigo.

A los 60 dds, el testigo tendió a presentar los menores valores de peso seco con 31.51g, aunque los tratamientos 25%FQ+75%C, 75%FQ+25%C, 50%FQ+50%C, 100C y 100%E fueron estadísticamente semejantes al testigo.

A los 90 dds el testigo presentó los menores valores.

La tendencia de crecimiento de peso seco de planta de los tres muestreos realizados se muestra en la figura 4.12, podemos mencionar que la variable de peso seco tuvo una descripción lineal con valores de $r = 0.993-0.999$.

Cuadro 4.10. Comparación de medias de peso seco de planta en el cultivo de sorgo con diferentes tratamientos de composta sola, combinada con fertilización química y estiércol solo.

Tratamientos	Peso seco planta gr 30 dds	Peso seco planta gr 60 dds	Peso seco planta gr 90 dds
FQ100	7.16 ab	45.62 a	71.92 ab
25FQ+75C	9.01 a	40.66 ab	66.87 bc
50FQ+50C	9.68 a	39.69 ab	65.18 bc
75FQ+25C	7.57 ab	38.80 ab	75.14 a
100C	8.24 a	39.63 ab	63.32 c
100E	8.51 a	34.64 ab	67.30 bc
Testigo	5.20 b	31.51 b	55.99 d
DMS	2.52	11.26	6.81

Tratamientos con la misma literal no difieren entre sí, DMS (0.05).

Correlación SPAD 502-nitrógeno

Para el cultivo de sorgo se presenta la relación entre el nitrógeno extraído de las hojas y las lecturas del SPAD-502 las cuales se presentan en las Figuras 4.13 y 4.14.

Se puede observar que en ambas figuras existe una baja correlación negativa entre el contenido de nitrógeno en la hoja y las lecturas del SPAD-502.

Un color más oscuro en las hojas es un indicativo de altos contenidos de nitrógeno en la hoja.

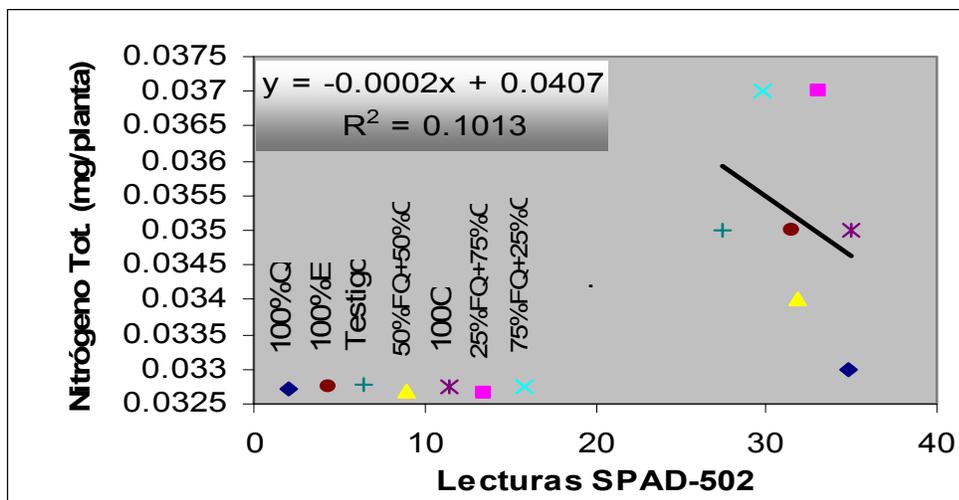


Figura 4.13. Relación SPAD-502 y nitrógeno a los 30 dds en el cultivo de sorgo.

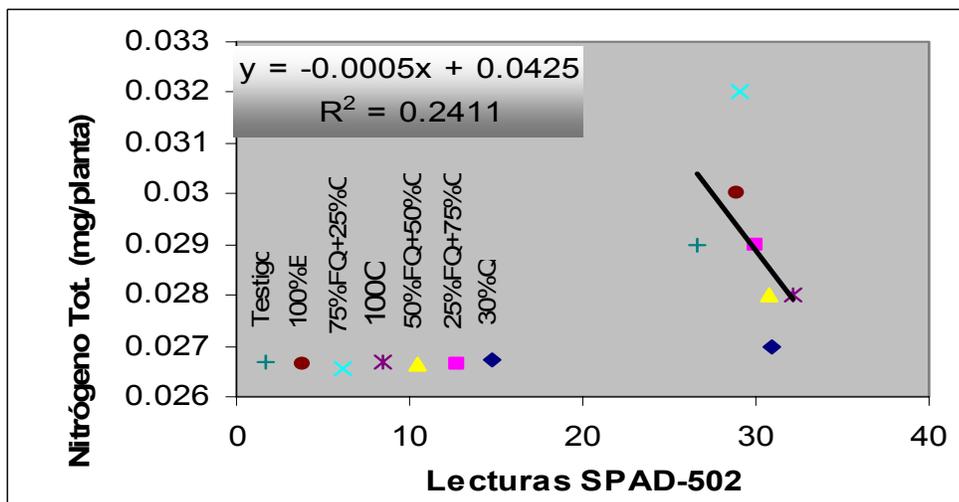


Figura 4.14. Relación SPAD-502 y nitrógeno a los 60 dds en el cultivo de sorgo.

Rendimiento del cultivo

Para la variable de rendimiento de forraje verde en el cultivo de sorgo nos mostró que los tratamientos 75%FQ+25%C, 100%FQ fueron superiores a los demás tratamientos. Cabe señalar que los tratamientos antes mencionados y los tratamientos 25%FQ+75%C, 50%FQ+50%C, 100%C y 100%E superaron estadísticamente al testigo en producción de

forraje, los resultados nos muestran la tendencia positiva en producción de forraje con respecto al uso de compostas en combinación con fertilizantes químicos y además estiércoles aplicados al suelo.

Para la producción de forraje seco los tratamientos evaluados quedaron agrupados como los mejores; 75%FQ+25%C con 25.04 ton/ha y 100%E con 23.97 ton/ha y como en rendimiento de forraje verde el testigo continuó estadísticamente ($p \leq 0.05$) como el menos rendidor con 18.68 ton/ha.

Realizando una comparación con los resultados de maíz las combinaciones de fertilizantes químicos y compostas son una fuente adecuada para satisfacer las necesidades de nutrición de los cultivos.

Cuadro 4.11. Comparación de medias de Rendimiento de forraje verde y seco en el cultivo de sorgo con diferentes tratamientos de composta sola, combinada con fertilización química y estiércol solo.

Tratamientos	Rendimiento de forraje verde Ton/ha	Rendimiento de forraje seco Ton /ha
FQ100	74.83 ab	23.97 ab
25FQ+75C	69.58 bc	22.29 bc
50FQ+50C	67.82 bc	21.73 bc
75FQ+25C	78.17 a	25.04 a
100C	65.89 c	21.11 c
100E	70.02 bc	22.43 bc
Testigo	58.31 d	18.68 d
DMS (0.05)	7.08	2.27

Tratamientos con la misma literal no difieren entre sí, DMS (0.05).

CONCLUSIONES

Con base en los resultados obtenidos y a su discusión, se puede afirmar que los objetivos del trabajo se lograron, y que se aceptó la hipótesis planteada. Asimismo, la información obtenida permite emitir las siguientes conclusiones en el primer año de evaluación:

En el cultivo de Maíz, los tratamientos 100%FQ y los combinados a base de composta y fertilizante sintético; 25%FQ+50%C, 50%FQ+50%C, 75%FQ+25%C cumplen con las condiciones para designarse como dosis óptimas preliminares para la producción de forraje verde y seco, mientras tanto que para el caso del Sorgo la dosis antes mencionadas más 100%E mostraron buenas condiciones en el crecimiento, desarrollo y rendimiento del cultivo.

En relación al segundo objetivo, tanto en maíz como en sorgo, la determinación de los requerimientos de nitrógeno no exhibió resultados claros con fines de recomendación.

RESUMEN

Los objetivos de este trabajo fueron determinar la dosis óptima de composta de estiércol bovino sola o combinada con fertilizantes sintéticos en la producción de forraje. Mediante metodología in situ, determinar los requerimientos de nitrógeno para maíz y sorgo, así como cuantificar el grado de modificación de la planta provocado por la aplicación de compostas solas o combinadas con fertilizantes sintéticos en cultivos forrajeros utilizando la producción de área foliar y cantidad de biomasa para construir índices de crecimiento.

El presente trabajo se realizó en el rancho "Ampuero" ubicado a las orillas de la ciudad de Torreón Coahuila. Para ello se utilizó un híbrido de maíz forrajero de nombre comercial HT-7887 y para Sorgo el híbrido utilizado fue "Fame". El trabajo de campo se llevó a cabo del 30 de Marzo al 25 de Noviembre del 2005.

El diseño experimental fue de bloques al azar con 7 tratamientos y 4 repeticiones.

Las variables evaluadas fueron: Altura de planta, Área foliar. Peso seco de planta, Rendimiento de forraje verde y seco, análisis bromatológico e índices de crecimiento, principalmente.

Se realizaron Análisis de Varianza y comparación de medias.

En cuanto a rendimiento de forraje tanto verde como seco, se noto fuertemente la importancia de la combinación de productos sintéticos con compostas. Dentro de los tratamientos evaluados se encontró una mayor producción de forraje verde y seco con 100%FQ y los combinados a base

de composta y fertilizante sintético: 25%FQ+50%C, 50%FQ+50%C, 75%FQ+25%C lo anterior en el caso del Maíz, algo semejante se observó en el cultivo del Sorgo ya que los tratamientos antes mencionados también se comportaron como los mejores además del 100%E.

Para las variables de Análisis Bromatológico los contenidos de Proteína, la Energía Neta de Lactancia, etc., el Análisis de Varianza no mostró diferencia entre tratamientos y haciendo comparaciones con valores reportados en base a estas variables nos dice que el forraje de maíz obtenido es de buena calidad.

En laboratorio se analizó el contenido de nitrógeno de la planta con lo que se buscó una relación con el contenido de clorofila, lo cual no ocurrió de acuerdo a los resultados de este trabajo.

VI. LITERATURA CITADA.

- Abdel Magid HM, E.A.R. Sabrah, A.R.H. El Nadi, S.I. Abdel-Aal, R.K. Rabie 1994 Kinetics of biodegradation rates of chicken manure and municipal refuse in a sandy soil. *J. Arid Environments* 28: 163-171.
- Alexander, P. 1992. Biología. Prentice Hall. New Jersey. Printed in USA: 57-61
- Alfonso, G.1977. Métodos de preparación de plántulas y edades de transplante en tomate (*Lycopersicon esculentum Mill*). Tesis. Escuela de Ingeniería Agronómica. Universidad de Oriente. Venezuela. 64pp
- Badillo, J.E., 1973 Cultivos de huerta. 1ª Edición Editorial Serraltima y urpi, S.L., Barcelona España.
- Bartolini, C. 1989. La fertilidad de los suelos. Agroguías Mundi-Prensa. Madrid.
- Camp, C. R. 1998. Subsurface drip irrigation: A review. *Trans. of the Am. Soc. Agric. Eng.* 41: 1353-1367.
- Camp C.R, F.R. Lamm., R.G. Evans, and C.J. Phenne. 2000. Subsurface drip irrigation – past, present, and future. 4th Decennial National Irrigation Symposium, Phoenix AZ. Published ASAE, St. Joseph MI. 676 pp.
- Castellanos R. J.Z. 1982. La importancia de las condiciones físicas del suelo y su mejoramiento mediante la aplicación de estiércoles. *Seminarios Técnicos* 7(8): 32. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias-Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. Torreón, Coahuila, México.
- Castellanos R. J.Z. 1985. El medio ambiente físico del suelo y su modificación mediante la aplicación de materia orgánica. *Temas didácticos. Publicación 2.* Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, Delegación Laguna. Matamoros, Coahuila, México.
- Castellanos, J.Z., J.J. Márquez-Ortiz, J.D. Etchevers, A. Aguilar-Santelises y J.R. Salinas. 1996. Long-term effect of dairy manure on forage yields and soil properties in an arid irrigated region of Northern Mexico. *Terra* 14: 151-158.
- Casseres E. 1994. *Producción de hortalizas.* Herreros Hnos. México. 310 pp.
- Clark, G.A. and A.G. Smaistra. 1996. Design considerations for vegetable crop drip irrigation systems. *Hort Technology* 6:155-159.
- Dalzell HW, A. Biddlestone, K. Gray, K. Thurairajan. 1991. *Manejo del suelo, producción y uso del composte en ambientes tropicales y subtropicales.* Boletín Suelos N°56. FAO. Roma, Italia. 178 pp.

- De la Rosa, I. M. 1997. Apuntes de Fisiología Vegetal. Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro", Saltillo, Coah. Méx.
- Fernández, R. 1977. *Métodos de producción de plántulas y edad de transplante en pimentón (Capsicum annuum L.)*. Tesis. Escuela de Ingeniería Agronómica. Universidad de Oriente, Venezuela. 68 pp.
- FIRA-Banco de México. 1993. Análisis de rentabilidad de la producción de leche. Subdirección regional norte. Residencia Estatal: Comarca Lagunera. Torreón, Coah.
- FONAIAP. 1995. *Producción de hortalizas*. 2ª ed. Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias. Maracay, Venezuela. Serie B. 208 pp.
- Foth, E.D. 1987. Fundamentos de la ciencia del suelo. 3ª. Reimp. Ed. C.E.C.S.A. México.
- Harrison, and J.H.L. Johnson. 1998. Effects of harvest maturity of whole plant of silage on milk production and component yield and passages of corn grain and starch in to faces, J, Dairy Sci. 79:149.
- Hawkins, B.J., G. Henry, and Whittington. 1996. Frost hardiness of *Thuja plicata* and *Pseudotsuga mensiessii* seedling when nutrient supply varies with season. Can. J. for. Res. 26(8): 1509-1523.
- Hernández D., J. 2003. Crecimiento y desarrollo del cilantro *Coriandrum sativum* L. por efecto del fotoperíodo y la temperatura y su control con fitorreguladores. Tesis de Doctor en Ciencias, FAUANL – UANL, Marín, N. L. 172 p.
- Herrera (1999), La importancia de los maíces y sorgos mejorados para producción de ensilaje. Memorias del 2do talleres de especialidades de maíz UAAAN, Saltillo, Coahuila, México. Pág. 135.
- Jeavons, J. 1994. Cultivo biointensivo de alimentos, más alimentos en menos espacio. Ecology action of the mind – Peninsula Editor en Español. imp. U.S.A.
- Lilly, S. 2001. Arborist certification study guide. Intl. Soc. Arboricult. Champaign, Ill.
- Le-Cox, J. 2000. The role of environmental risk assessment in developing nutrient management plants for nursery and greenhouse operations. Proc. S. Nursery Assn. Res. Conf. 45:77-80.
- Locascio, S.J., J.M. Meyers, and J.G.A. Fiskell. 1982. Nitrogen application timing and source for drip-irrigated tomatoes, p. 323-328. In: A. Scaife (ed.). Proc. Ninth Intl. Plant Nutr. Colloc., Warwick Univ., England.

- Lohry, R.D. y J.S. Schepers. 1988. Chlorophyll leaf nitrogen and yield relationships of irrigated corn in Nebraska. P. 241. In: Agronomy Abstracts. America Society of Agronomy. Madison, WI.
- Monje O. A, and B. Bugbee. 1992. Inherent limitations of non destructive chlorophyllimeters: comparison of two types of meters. *HorScience* 27: 69-71
- Nelson, E.B. and H.A.J. Hoitink.1982. Factors affecting suppression of *Rhizoctonia solani* in container media. *Phytopathology* 72: 275-279.
- Nieto-Garibay A, B. Murrillo-Amador, E. Troyo-Diéguez, J.A. Larrinaga-Mayoral, J.L García Hernández. 2002. El uso de compostas como alternativa para la producción sostenible del chile (*Capsicum annuum* L.) en zonas áridas. *Interciencia* 27: 417-421.
- Núñez H. G., G. F. Contreras, C. R. Faz y R. Herrera. 1999. Selección de híbridos para obtener mayor rendimiento y alto valor energético en maíz para ensilaje. In: Componentes tecnológicos para la producción de ensilado de maíz y sorgo. SAGAR-INIFAP-CIRNOC-CELALA. pp. 2-5.
- Núñez H. G., G.H. Quiroga, O. J. Márquez y A.A. De Alba. 1997. Production and quality of berseem clover (*Trifolium alexandrinum* L.) for dairy cattle in the North and Central regions of Mexico. *Agrociencia* 31:157-164.
- Núñez H. G. y B.J.E. Cantú. 2000. Producción, composición química y digestibilidad del forraje de sorgo x sudán de nevadura café en la Región Norte de México. *Técnica Pecuaria en México*. 38: 177-187.
- Pansu M, Sallih Z, Bottner P (1998) Modelling of soil nitrogen forms after organic amendments under controlled conditions. *Soil Biol. Biochem.* 30: 19-29.
- Phene, C. J., K.R. Davis, R. B. Hutmacher, and R. L. McCormick. 1987. Advantages of Subsurface Drip Irrigation for Processing Tomatoes. *Acta Horticulture*. 200:101-113.
- Quero C. Estudio de componentes reproductivos, nivel de ploidía y morfología forrajera en el género *Tripsacum*. ix+136p AGRIS 95-098702.
- Raese, J.T.1997. Cold tolerance, yield and fruit quality of D'Anjou pears influenced by nitrogen fertilizer rates and time of application. *J. Plant Nut.* 20(7 y 8): 1007-1025.
- Reta S. D. G., M. A. Gaytán, A., J. Carrillo A. 2001. Respuesta del maíz para ensilaje a métodos de siembra y densidades de población. *Revista Fitotecnia Mexicana*. 23: 37-48.
- Ristvey, A., J. Lea-Cox, and D. Ross. 2001. Nitrogen partitioning and loss in container-production systems. *Proc. S. Nursery Assn. Res. Conf.* 46:101-107.

- Roth, G.W. and R.H. Fox. 1990. Soil nitrate accumulations following nitrogen-fertilized corn in Pennsylvania. *J. Environ. Qual.* 19:243-248.
- Ruiz, F. 1996. Los fertilizantes y la fertilización orgánica bajo la óptica de un sistema de producción orgánica. En Zapata Altamirano, Calderón Arózqueta (Eds.) *Memorias Primer Foro Nacional sobre Agricultura Orgánica*. Universidad Autónoma de Chapingo, México. 149 pp.
- SAGARPA., 2001. Resumen económico de la Comarca Lagunera. Sector Agropecuario.p. 28.
- Shepers, J.S. and R.H. Fox. 1989. Estimation of N budgets for crops, p. 221-246. In: R.F. Follet (ed.). *Nitrogen management and groundwater protection*. Elsevier, New York.
- Stevenson, F.J. 1986. *Cycles of soil: Carbon, nitrogen, phosphorus, sulfur, micronutrients*, p. 448. Wiley, New York.
- Takebe M, T. Yoneyama.1989. Measurements of leaf color scores and its implication to nitrogen nutrition of rice plants. *Japan Agric Res Q* 23: 86-93
- Tisdale, S.L., W.L. Nelson, and J.D. Beaton. 1985 *Soil fertility and fertilizers*. 4th ed. Macmillan, New York.
- Valdtighi M.M., A. Pera, M. Agnolucci, S. Frassinetti, D. Lunardi, D. Vallini. 1996. Effects of compost-derived humic acids on vegetable biomass production and microbial growth within a plant (*Cichorium intybus*) -soil system: a comparative study. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 58: 133-144.
- Vogtmann H, K. Fricke. 1989. Nutrient value and utilization of biogenic compost in plant production. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 27: 471-475.
- Vos J, and M. Bom. 1993. Hand-held chlorophyll meter: a promising tool to assess the nitrogen status of potato foliage. *Potato Research* 36: 301-308
- Weil, R.R., R.A. Weismiller, and R.S. Turner. 1990. Nitrate contamination of groundwater under irrigated coastal plains soils. *J. Environ. Qual.* 19:441-448.
- Wood C.W., P.W. Tracy, D.W. Reeves, K.L. Edmisten. 1993. Determination of cotton nitrogen status with a hand held chlorophyll meter. *Journal of Plant Nutrition* 15(9): 1435-1448

Paginas de Internet.

<http://mejorpasto.com.ar/UNLZ/2004/TX4.htm#tx4>

APENDICE

Cuadro 1. Análisis de varianza (Cuadrados Medios) de algunas variables agronómicas en el cultivo de maíz con diferentes tratamientos de composta sola, combinada con fertilización química y estiércol solo.

FV	GL	Altura de planta 25 dds	Altura de planta 50 dds	Altura de planta 75 dds	Altura de planta 100 dds	Área Foliar 25 dds	Área Foliar 50 dds
Tratamientos	6	10.738**	117.710*	22.825NS	21.744NS	823.971NS	493504.53**
Bloques	3	1.151NS	112.246*	214.216**	77.866NS	188.516NS	258831.64NS
Error Exp.	18	1.974	29.908	34.376	37.22	1453.055	116095.73
CV (%)		9.451	6.655	2.338	2.367	18.289	11.65

NS, *, **= No significancia, significancia al 0.05 y 0.01 de probabilidad, respectivamente

Continuación del Cuadro 1

FV	GL	Área Foliar 75 dds	Área Foliar 100 dds	Peso Seco de planta 25 dds	Peso Seco de planta 50 dds	Peso Seco de planta 75 dds	Peso Seco de planta 100 dds
Tratamientos	6	167266.72NS	247146.56**	0.12NS	35.823NS	180.264NS	2057.128*
Bloques	3	121796.38NS	211900.35*	0.03NS	21.55NS	83.862NS	336.790NS
Error Exp.	18	143925.02	58220.075	0.07	21.93	146.724	551.235
CV (%)		7.43	4.26	26.6%	16.02%	9.652	8.660

NS, *, **= No significancia, significancia al 0.05 y 0.01 de probabilidad, respectivamente

Continuación del Cuadro 1

FV	GL	Clorofila 50 dds	Clorofila 75 dds	Clorofila 100 dds	Contenido de nitrógeno 50 dds	Contenido de nitrógeno 75 dds	Contenido de nitrógeno 100 dds
Tratamientos	6	28.78*	11.53 NS	44.654*	0.191**	0.013 NS	0.162**
Bloques	3	9.692NS	31.372*	10.713 NS	0.025 NS	0.034*	0.012 NS
Error Exp.	18	9.409	9.687	11.670	0.013	0.010	0.026
CV (%)		7.338	6.035	6.310	4.229	4.342	9.705

NS, *, **= No significancia, significancia al 0.05 y 0.01 de probabilidad, respectivamente

Continuación del Cuadro 1

FV	GL	Rendimiento de forraje verde	Rendimiento en forraje seco	Tasa relativa de crecimiento 50 dds	Tasa relativa de crecimiento 75 dds	Tasa relativa de crecimiento 100 dds	Tasa de asimilación neta 50 dds
Tratamientos	6	267.12**	55.047**	0.0006 NS	0.00051NS	0.00039NS	1.098NS
Bloques	3	186.91*	18.113 NS	0.0016 NS	0.00041NS	0.0004NS	1.007 NS
Error Exp.	18	46.453	6.263	0.0017	0.00034	0.00027	2.146
CV (%)		6.82	7.98	8.758	8.89	15.043	11.763

NS, *, **= No significancia, significancia al 0.05 y 0.01 de probabilidad, respectivamente.

Continuación del Cuadro 1

FV	GL	Tasa de asimilación neta 75 dds	Tasa de asimilación neta 100 dds	Tasa relativa de crecimiento foliar 50 dds	Tasa relativa de crecimiento foliar 75 dds	Tasa relativa de crecimiento foliar 100 dds	Relación de área foliar 50 dds
Tratamientos	6	1.858NS	9.297NS	0.00032NS	0.0011**	0.00022NS	839.041NS
Bloques	3	1.734NS	7.592NS	0.00068NS	0.0006NS	0.0000084NS	798.653NS
Error Exp.	18	1.620	0.0000004	0.00079	0.00025	0.00016	2633.10
CV (%)		11.370	16,903	7.434	19.838	87.96	10.376

NS, *, **= No significancia, significancia al 0.05 y 0.01 de probabilidad, respectivamente

Continuación del Cuadro 1

FV	GL	Relación de área foliar 75 dds	Relación de área foliar 100 dds	Fotosíntesis total 50 dds	Fotosíntesis total 75 dds	Conductancia estomática 50 dds	Conductancia estomática 75 dds
Tratamientos	6	31.202NS	8.455NS	74016235.0**	4461358.1 NS	0.021NS	0.003NS
Bloques	3	35.673NS	3.635NS	41131484.7 NS	2485902.9 NS	0.004NS	0.013NS
Error Exp.	18	31.622	3.587	16455662.3	6784617.8	0.011	0.00649418
CV (%)		7.945	6.117	28.906	32.390	19.532	26.76022

NS, *, **= No significancia, significancia al 0.05 y 0.01 de probabilidad, respectivamente.

Cuadro 2. Comparación de medias de algunas variables agronómicas en el cultivo de maíz con diferentes tratamientos de composta sola, combinada con fertilización química y estiércol solo.

Tratamientos	Altura de planta 25 dds cm	Altura de planta 50 dds cm	Altura de planta 75 dds cm	Altura de planta 100 dds cm	Clorofila 50 dds	Clorofila 75 dds	Clorofila 100 dds
100%Q	12.68c	74.75c	248.80	256.25	42.42ab	54.83 a	55.70ab
25%FQ+75%C	15.35ab	86.16ab	255.27	260.37	45.22 a	51.60ab	56.00ab
50%FQ+50%C	16.06ab	89.12 a	248.85	259.75	43.96ab	51.95ab	53.17bc
75%FQ+25%C	15.93ab	79.75bc	250.73	257.00	40.38bc	50.64ab	58.90 a
100C	14.43bc	82.31abc	250.55	259.12	43.21ab	51.93ab	54.87ab
100%E	16.83 a	86.56ab	248.58	257.50	37.46c	49.43b	48.55c
Testigo	12.68c	76.51c	252.03	253.62	39.92bc	50.60ab	51.75bc
DMS (0.05)	2.087	8.124	8.71 NS	9.06 NS	4.55	4.62	5.07

Tratamientos con la misma literal no difieren entre sí, DMS (0.05).

Continuación del Cuadro 2.

Tratamientos	Contenido de nitrógeno 25 dds %	Contenido de nitrógeno 50 dds %	Contenido de nitrógeno 100 dds %	Tasa relativa de crecimiento 50 dds g/g*dia	Tasa relativa de crecimiento 75 dds g/g*dia	Tasa relativa de crecimiento 100 dds g/g*dia	Tasa relativa de crecimiento folia 50 dds cm ² /cm ² *dia
100%Q	2.64c	2.46 a	1.74ab	0.496	0.220ab	0.113ab	0.370
25%FQ+75%C	2.88ab	2.39ab	1.82 a	0.473	0.201ab	0.110ab	0.390
50%FQ+50%C	3.01 a	2.36ab	1.40c	0.472	0.202ab	0.108ab	0.387
75%FQ+25%C	2.71c	2.38ab	1.80ab	0.467	0.196b	0.117ab	0.365
100C	2.69c	2.36ab	1.47c	0.490	0.217ab	0.101ab	0.378
100%E	2.74bc	2.31b	1.56bc	0.478	0.201ab	0.123 a	0.382
Testigo	2.31d	2.29b	1.94 a	0.501	0.225 a	0.093b	0.374
DMS (0.05)	0.17	0.15	0.24	0.062NS	0.027	0.024	0.041NS

Tratamientos con la misma literal no difieren entre sí, DMS (0.05).

Continuación del Cuadro 2.

Tratamientos	Tasa relativa de crecimiento foliar 75 dds $\text{cm}^2/\text{cm}^2*\text{dia}$	Tasa relativa de crecimiento foliar 100 dds $\text{cm}^2/\text{cm}^2*\text{dia}$	Relación de área foliar 50 dds cm^2/g	Relación de área foliar 75 dds cm^2/g	Relación de área foliar 100 dds cm^2/g	Medición de fotosíntesis 50 dds $\mu\text{molCO}_2/\text{m}^2*\text{s}$	Medición de fotosíntesis 75 dds $\mu\text{molCO}_2/\text{m}^2*\text{s}$
100%Q	0.104 a	0.007ab	166.80ab	69.81	31.61ab	7417c	7424
25%FQ+75%C	0.068bc	0.012ab	144.39b	72.18	30.62ab	20697 a	8471
50%FQ+50%C	0.060c	0.020ab	145.27b	70.66	29.37b	16288ab	9059
75%FQ+25%C	0.084ab	0.018ab	145.63b	69.61	32.65 a	12753bc	6060
100C	0.080abc	0.011ab	177.04 a	76.33	32.42 a	14274b	7981
100%E	0.067bc	0.026 a	144.58b	67.98	28.83b	16197ab	8186
Testigo	0.101 a	0.004b	170.57 a	68.81	31.32ab	10625bc	9110
DMS (0.05)	0.023	0.019	24.09	8.35NS	2.81	6026.3	3869.5NS

Tratamientos con la misma literal no difieren entre sí, DMS (0.05).

Continuación del Cuadro 2.

Tratamientos	Conductancia estomática 50 dds cm/s	Conductancia estomática 75 dds cm/s
100%Q	0.604 ab	0.337
25%FQ+75%C	0.569 ab	0.310
50%FQ+50%C	0.606 ab	0.294
75%FQ+25%C	0.532 ab	0.286
100C	0.447 b	0.343
100%E	0.628 a	0.268
Testigo	0.452 b	0.268
DMS (0.05)	0.159	0.119NS

Tratamientos con la misma literal no difieren entre sí, DMS (0.05).

Cuadro 3. Análisis de varianza (Cuadrados Medios) de algunas variables sobre calidad del forraje en el cultivo de maíz con diferentes tratamientos de composta sola, combinada con fertilización química y estiércol solo.

FV	GL	Proteína Cruda base húmeda	Proteína Cruda base seca	Proteína Cruda Acumulada base húmeda	Proteína Cruda Acumulada base seca	Fibra Detergente Ácido base húmeda	Fibra Detergente Ácida base seca
Tratamiento	6	0.182 NS	0.149 NS	0.182 NS	0.194 NS	10.49 NS	11.11 NS
Bloques	3	0.492*	0.412 NS	0.492*	0.412 NS	2.183 NS	2.40 NS
Error exp.	18	0.138	0.143	0.138	0.143	9.014	9.557
CV (%)		5.649	5.412	5.649	5.412	11.77	11.388

NS, *, **= No significancia, significancia al 0.05 y 0.01 de probabilidad, respectivamente.

----- Continuación del cuadro 3.

FV	GL	Fibra Detergente Acido Libre de Cenizas base húmeda	Fibra Detergente Acido Libre de Cenizas base seca	Fibra Detergente Neutro base húmeda	Fibra Detergente Neutro base seco	Fibra Detergente Neutro Libre de Cenizas base húmedo	Fibra Detergente Neutro Libre de Cenizas base seco
Tratamiento	6	7.018 NS	7.36 NS	21.40 NS	22.60 NS	15.052 NS	15.418 NS
Bloques	3	1.104 NS	1.27 NS	5.602 NS	5.99 NS	6.928 NS	7.392 NS
Error exp.	18	5.575	5.966	12.647	13.120	10.54	11.064
CV (%)		10.62	10.32	8.25	7.89	7.95	7.65

NS, *, **= No significancia, significancia al 0.05 y 0.01 de probabilidad, respectivamente.

----- Continuación del cuadro 3.

FV	GL	Cenizas base húmeda	Cenizas base seco	CNF bs	TND bh	TND bs	Energía Neta de Lactancia base húmeda
Tratamiento	6	2.864 NS	2.738 NS	64.25 *	7.571 NS	11.00 NS	0.0053 *
Bloques	3	1.03 NS	0.907 NS	24.96 NS	0.857 NS	0.607 NS	0.0013 NS
Error exp.	18	1.175	1.091	19.88	3.301	5.63	0.018
CV (%)		15.196	13.80	9.89	2.923	3.583	3.19

NS, *, **= No significancia, significancia al 0.05 y 0.01 de probabilidad, respectivamente.

----- Continuación del cuadro 3.

FV	GL	Energía Neta de Lactancia base seco	ENM bh	EN mbs	ENgbh	EN ghs
Tratamiento	6	0.006NS	0.006NS	0.007NS	0.010*	0.008NS
Bloq	3	0.0003NS	0.0004NS	0.0022NS	0.0014NS	0.0004NS
Error exp.	18	0.0034	0.0038	0.0078	0.0025	0.0051
Cv (%)		4.04	4.34	5.88	5.92	7.82

NS, *, **= No significancia, significancia al 0.05 y 0.01 de probabilidad, respectivamente.

Cuadro 4. Comparación de medias de algunas variables sobre calidad del forraje en el cultivo de maíz con diferentes dosis de composta sola, combinada con fertilización química y estiércol

Tratamiento	Proteína Cruda base húmeda %	Proteína Cruda base seca %	Proteína Cruda Acumulada base húmeda %	Proteína Cruda Acumulada base seca %	Fibra Detergente Ácido base húmeda %	Fibra Detergente Ácida base seca %	Fibra Detergente Acido Libre de Cenizas base húmeda
100%FQ	6.35 b	6.80	6.35 b	6.80	24.10	25.75	20.90
25%FQ+75%C	6.35 b	6.82	6.35 b	6.82	25.80	27.47	22.20
50%FQ+50%C	6.75 ab	7.12	6.75 ab	7.12	28.25	29.92	23.6
75%FQ+25%C	6.57 ab	6.97	6.57 ab	6.97	25.42	27.10	22.4
100%C	6.55 ab	7.00	6.55 ab	7.00	23.82	25.42	20.92
100%E	6.95 a	7.35	6.95 a	7.35	24.25	25.77	21.3
Testigo.	6.55 ab	6.87	6.55 ab	6.87	26.82	28.57	24.3
DMS (0.05)	0.5525	0.5623 NS	0.5525	0.5623 NS	4.46 NS	4.59 NS	3.50 NS

Tratamientos con la misma literal no difieren entre sí, DMS (0.05).

----- Continuación del cuadro 4.

Tratamiento	Fibra Detergente Ácido Libre de Cenizas base seca	Fibra Detergente Neutro base húmedo %	Fibra Detergente Neutro base seco %	Fibra Detergente Neutro Libre de Cenizas base húmedo	Fibra Detergente Neutro Libre de Cenizas base seco	Cenizas base húmedo %	Cenizas base seco %
100%FQ	22.30	40.87 b	43.65 b	38.67 b	41.27 b	6.67 b	7.12 b
25%FQ+75%C	23.7	43.70 bc	46.62 ab	40.97 ab	43.70 ab	7.25 b	7.70 b
50%FQ+50%C	25.0	47.15 a	49.95 a	44.17 a	46.75 a	8.95 a	9.32 a
75%FQ+25%C	23.82	42.47 ab	45.27 ab	40.50 ab	43.17 ab	6.55 b	7.00 b
100%C	22.35	40.55 b	43.67 b	38.77 b	41.37 b	6.60 b	7.00 b
100%E	22.62	42.05 ab	44.67 ab	40.27 ab	42.80 ab	6.75 b	7.17 b
Testigo.	25.8	44.65 ab	47.60 ab	42.27 ab	45.07 ab	7.17 b	7.65 b
DMS (0.05)	3.62 NS	5.28	5.38	4.82	4.49	1.16	1.55

Tratamientos con la misma literal no difieren entre sí, DMS (0.05).

----- Continuación del cuadro 4.

Tratamiento	CNF base seco %	TDN base húmedo %	TDN base seco %	Energía Neta de Lactancia base húmeda Mcal/kg	Energía Neta de Lactancia base seco Mcal/kg	Energía Neta de mantenimiento base húmedo Mcal/kg	Energía Neta de mantenimiento base seco Mcal/kg
100%FQ	49.32 a	63.5 a	67.75 a	1.37 ab	1.45 a	1.45 a	1.55
25%FQ+75%C	46.30 a	61.75 ab	66.0 ab	1.32 bc	1.42 ab	1.42 ab	1.50
50%FQ+50%C	37.80 b	59.5 b	63.0 b	1.30 c	1.35 b	1.35 b	1.42
75%FQ+25%C	45.77 a	62.75 a	66.75 a	1.40 a	1.45 a	1.42 ab	1.52
100%C	49.30 a	63.25 a	67.75 a	1.37 ab	1.47 a	1.47 a	1.52
100%E	43.82 ab	62.75 a	67.0 a	1.37 ab	1.45 a	1.42 ab	1.52
Testigo.	43.07 ab	61.5 ab	65.5 ab	1.32 bc	1.42 ab	1.40 ab	1.47
DMS (0.05)	6.62	2.64	3.52	0.064	0.086	0.091	0.131 NS

Tratamientos con la misma literal no difieren entre sí, DMS (0.05).

----- Continuación del cuadro 4.

Tratamiento	Energía Neta de ganancia base húmedo Mcal/kg	Energía Neta de ganancia base seco Mcal/kg
100%FQ	0.87 ab	0.95 a
25%FQ+75%C	0.82 b	0.92 ab
50%FQ+50%C	0.75 c	0.82 b
75%FQ+25%C	0.90 a	0.92 ab
100%C	0.87 ab	0.97 a
100%E	0.87 ab	0.92 ab
Testigo.	0.85 ab	0.92 ab
DMS (0.05)	0.074	0.107

Tratamientos con la misma literal no difieren entre sí, DMS (0.05).

Cuadro 5. Análisis de varianza (Cuadrados Medios) de algunas variables agronómicas en el cultivo de sorgo con diferentes tratamientos de composta sola, combinada con fertilización química y estiércol solo.

FV	GL	Área Foliar 30 dds	Área Foliar 60 dds	Área Foliar 90 dds	Peso Seco Planta 30 dds	Peso Seco Planta 60 dds	Peso Seco Planta 90 dds
Tratamiento	6	164800.79 *	269502.32 *	129931.02 *	8.55 *	81.10 NS	151.38 **
Bloques	3	51664.88 NS	369145.21 **	94213.31 NS	8.38 NS	40.80 NS	18.31 NS
Error Exp.	18	37265.36	72090.31	55171.67	2.89	57.50	21.04
CV %		14.50	8.41	8.017	21.47	19.61	6.89

NS, *, **= No significancia, significancia al 0.05 y 0.01 de probabilidad, respectivamente.

----- Continuación del cuadro 5.

FV	GL	Tasa relativa de crecimiento ¹	Tasa relativa de crecimiento	Tasa de asimilación neta	Tasa de asimilación neta	Tasa relativa de crecimiento foliar	Tasa relativa de crecimiento foliar
Tratamiento	6	0.0029 NS	0.0005 NS	1.90 NS	7.73 NS	0.002 *	0.0002 NS
Bloques	3	0.0020 NS	0.0008 NS	4.66 NS	1.39 NS	0.0009 NS	0.0016 **
Error Exp.	18	0.0016	0.0006	4.56	9.17	0.0007	0.0001
CV %		17.69	32.45	19.35	36.24	20.97	-116.04

NS, *, **= No significancia, significancia al 0.05 y 0.01 de probabilidad, respectivamente.

----- Continuación del cuadro 5.

FV	GL	Relación de área foliar	Relación de área foliar	Altura de planta 30 dds	Altura de planta 60 dds	Altura de planta 90 dds	Nitrógeno 30 dds
Tratamiento	6	205.95 NS	47.08 NS	30.18 NS	93.85 NS	37.97 NS	0.072 NS
Bloques	3	485.71 *	27.73 NS	155.97 **	245.98 NS	442.53 **	0.015 NS
Error Exp.	18	108.31	32.07	21.63	133.72	30.26	0.042
CV %		8.09	8.81	8.78	7.02	2.63	5.75

NS, *, **= No significancia, significancia al 0.05 y 0.01 de probabilidad, respectivamente.

----- Continuación del cuadro 5.

FV	GL	Nitrógeno 60 dds	Nitrógeno 90 dds	Clorofila 30 dds	Clorofila 60 dds	Rendimiento Forraje verde	Rendimiento Forraje Seco
Tratamiento	6	0.107 *	0.095 NS	28.92 NS	12.50 NS	163.0 **	16.72 *
Bloques	3	0.026 NS	0.028 NS	8.60 NS	29.67 NS	19.86 NS	2.04 NS
Error Exp.	18	0.029	0.039	17.62	16.03	22.75	2.33
CV %		5.82	8.25	13.14	13.45	6.89	6.89

NS, *, **= No significancia, significancia al 0.05 y 0.01 de probabilidad, respectivamente.

Cuadro 6. Comparación de medias de algunas variables agronómicas en el cultivo de sorgo con diferentes dosis de composta sola, combinada con fertilización química y estiércol solo.

Tratamientos	Tasa relativa de crecimiento 60 dds g/g*día	Tasa relativa de crecimiento 90 dds g/g*día	Tasa de asimilación neta 60 dds g/cm ² *día	Tasa de asimilación neta 90 dds g/cm ² *día	Tasa relativa de crecimiento foliar 60 dds cm ² /cm ² *día	Tasa relativa de crecimiento foliar 90 dds cm ² /cm ² *día	Relación de área foliar 60 dds cm ² /g
FQ100	0.27 a	0.067	0.00013 ab	0.000021	0.151 a	-0.015 ab	124.42 b
25FQ+75C	0.21 ab	0.071	0.00009 c	0.000023	0.126 abc	-0.021 b	122.68 b
50FQ+50C	0.19 b	0.076	0.00008 c	0.000026	0.090 c	-0.017 ab	126.94 b
75FQ+25C	0.23 ab	0.094	0.00010 bc	0.000028	0.148 a	-0.013 ab	127.80 b
100C	0.22 ab	0.067	0.00010 bc	0.000021	0.124 abc	-0.081 ab	123.64 b
100E	0.20 b	0.095	0.00009 c	0.000032	0.103 bc	-0.0047 ab	130.38 ab
Testigo	0.25 ab	0.082	0.00014 a	0.000030	0.139 ab	-0.0010 a	143.61 a
DMS (0.05)	0.06	0.036 NS	317 E-7	142 E-7 NS	0.039	0.020	15.56

Tratamientos con la misma literal no difieren entre sí, DMS (0.05).

----- Continuación del cuadro 6.

Tratamientos	Relación de área foliar 90 dds cm ² /g	Nitrógeno % 30 dds	Nitrógeno % 60 dds	Nitrógeno % 90 dds	Clorofila % 30 dds	Clorofila % 60 dds
FQ100	58.01 b	3.39 b	2.76 c	2.32 bc	34.82 a	30.87
25FQ+75C	64.21 ab	3.73 a	2.95 bc	2.35 abc	33.15 ab	30.02
50FQ+50C	61.48 ab	3.74 a	2.88 bc	2.53 ab	31.88 ab	30.72
75FQ+25C	67.05 a	3.71 a	3.26 a	2.49 ab	29.82 ab	29.07
100C	65.51 ab	3.52 ab	2.86 bc	2.32 bc	34.94 a	32.12
100E	65.55 ab	3.59 ab	3.07 ab	2.62 a	31.47 ab	28.87
Testigo	67.83 a	3.50 ab	2.93 bc	2.17 c	27.48 b	26.65
DMS (0.05)	8.41	0.30	0.25	0.29	6.23	5.94 NS

Tratamientos con la misma literal no difieren entre sí, DMS (0.05).

Cuadro 7. Análisis de varianza (Cuadrados Medios) de algunas variables fisiológicas a los 50 dds en el cultivo de maíz con diferentes tratamientos de composta sola, combinada con fertilización química y estiércol solo.

FV	Quantum	T del aire	T de la hoja	CO2	Flujo	RH	E AIR	DE/DT
Tratamientos	195824.16**	4.45 **	6.21**	3227.5 NS	29.05*	12.17 NS	23.21 **	23.21 **
Bloques	2590.58 NS	0.22 NS	0.493 NS	6651.0 *	17.55 NS	33.32 *	17.37*	17.37*
Error exp.	2877.8	0.124	0.382	1678.8	10.66	8.35	3.66	3.66
CV %	3.21	0.941	1.67	10.67	0.38	7.70	7.89	7.89

NS, *, **= No significancia, significancia al 0.05 y 0.01 de probabilidad, respectivamente.

----- Continuación del cuadro 7.

FV	Fotosíntesis	COND	CINT	Resistencia estomática	Conductancia estomática	TRAN
Tratamientos	177.4 NS	0.016 NS	1439.6**	0.019 NS	0.15 NS	32.01**
Bloques	140.5 NS	0.003 NS	745.82 NS	0.004 NS	0.027 NS	1.65 NS
Error exp.	92.34	0.01	247.61	0.012	0.083	3.99
CV %	18.72	18.00	8.52	16.88	17.81	9.68

NS, *, **= No significancia, significancia al 0.05 y 0.01 de probabilidad, respectivamente.

Cuadro 8. Comparación de medias de algunas variables fisiológicas a los 50 dds en el cultivo de sorgo con diferentes dosis de composta sola, combinada con fertilización química y estiércol solo.

Tratamientos	RFA mmol/m ² s ¹	T° del Aire °C	T° de la hoja °C	CO ₂ ppm	Humedad Relativa %	Fotosíntesis µmolCO ₂ /m ² *s	Resistencia estomática s/cm
FQ100	1506.49 d	36.13 e	35.32 c	323.26 b	36.62 ab	39.49 b	0.71 ab
25FQ+75C	1780.10 b	37.15 cd	36.78 b	399.64 a	38.54ab	57.51 a	0.60 b
50FQ+50C	1913.76 a	38.54 b	38.15 a	385.19 a	37.95 ab	53.96 a	0.60 b
75FQ+25C	1657.79 c	37.20 cd	36.49 b	383.84 ab	37.50 ab	52.37 ab	0.67 ab
100C	1470.46 de	36.75 d	35.93 bc	387.83 a	36.08 b	53.22 ab	0.69 ab
100E	1962.73 a	39.21 a	38.88 a	411.29 a	40.62 a	57.52 a	0.58 b
Testigo	1405.78 e	37.33 c	36.41 b	396.11 a	35.40 b	45.18 ab	0.77 a
DMS (0.05)	79.69	0.52	0.91	60.86	4.29	14.27	0.166

Tratamientos con la misma literal no difieren entre sí, DMS (0.05).

----- Continuación del cuadro 8.

Tratamientos	Conductancia estomática cm/s	TRAN mmol /m ² *s ¹
FQ100	1.52 ab	17.99 c
25FQ+75C	1.73 ab	21.8 ab
50FQ+50C	1.80 a	23.82 a
75FQ+25C	1.59 ab	19.80 bc
100C	1.51 ab	18.74 c
100E	1.89 a	24.65 a
Testigo	1.32 b	17.63 c
DMS (0.05)	0.43	2.97

Tratamientos con la misma literal no difieren entre sí, DMS (0.05).

Cuadro 9. Análisis de varianza (Cuadrados Medios) de algunas variables fisiológicas a los 75 dds en el cultivo de maíz con diferentes tratamientos de composta sola, combinada con fertilización química y estiércol solo.

FV	Quantum	T° del aire	T° de la hoja	CO2	Flujo	Humedad Relativa	EAIR	DE/DT
Tratamiento	13071.12 ns	0.176 ns	1.83 ns	62549.2 ns	62.92 ns	11.79 ns	6.68 ns	6.68 ns
Bloques	180129.9 **	2.18 **	4.43 *	131407.7 ns	72.28 ns	49.39ns	38.63 ns	38.63 ns
Err. Exp.	8047.9	0.32	0.91	80077.3	72.93	25.68	12.97	12.97
CV	5.72	1.51	2.58	44.83	1.00	14.31	15.41	15.41

NS, *, **= No significancia, significancia al 0.05 y 0.01 de probabilidad, respectivamente.

----- Continuación del cuadro 9.

FV	Fotosíntesis	CINT	Resistencia Estomática	CS	Tran
Trat	15.99 NS	53498.2 NS	0.10 NS	0.032 NS	3.02 NS
Bloques	83.74 NS	78244.4 NS	0.49 NS	0.058 NS	14.47 *
ERR. EXP	62.51	55606.6	0.21	0.066	4.47
CV	27.34	60.07	30.17	30.56	18.84

NS, *, **= No significancia, significancia al 0.05 y 0.01 de probabilidad, respectivamente.

Cuadro 10. Comparación de medias de algunas variables fisiológicas a los 75 dds en el cultivo de sorgo con diferentes dosis de composta sola, combinada con fertilización química y estiércol solo.

Tratamientos	Quantum $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$	T° del aire oC	T° de la Hoja oC	CO ₂ ppm	Humedad Relativa %	Fotosíntesis $\mu\text{molCO}_2/\text{m}^2 \cdot \text{s}$	Resistenci a Estomática s/cm
FQ100	1503.97 b	38.15	36.67 ab	867.1	34.08	27.91	1.69
25FQ+75C	1621.36 ab	38.09	37.59 a	50.0	36.75	28.52	1.47
50FQ+50C	1648.01 a	37.90	37.94 a	523.3	35.74	32.04	1.37
75FQ+25C	1546.25 ab	38.00	37.00 ab	555.4	37.40	26.53	1.59
100C	1518.35 ab	37.80	35.82 b	712.9	36.87	26.96	1.29
100E	1605.35 ab	37.60	36.86 ab	573.8	33.72	29.94	1.53
Testigo	1524.02 ab	37.66	36.94 ab	655.2	33.16	30.50	1.72
DMS (0.05)	133.27	0.85 NS	1.42	420.39NS	7.52NS	11.74 NS	0.684 NS

Tratamientos con la misma literal no difieren entre sí, DMS (0.05).

----- Continuación del cuadro 10.

Tratamientos	Conductancia Estomática cm/s	TRAN mmol /m ² s ¹
FQ100	0.83	10.46
25FQ+75C	0.91	11.86
50FQ+50C	0.86	12.50
75FQ+25C	0.76	9.97
100C	1.007	11.71
100E	0.75	10.92
Testigo	0.78	11.08
DMS (0.05)	0.38 NS	3.14 NS

Tratamientos con la misma literal no difieren entre sí, DMS (0.05).

