

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
“ANTONIO NARRO”

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO



EVALUACIÓN DE COMPOSTA COMBINADA CON FERTILIZANTE QUÍMICO Y
ESTIÉRCOL DE BOVINO PARA LA PRODUCCIÓN DE SORGO FORRAJERO
(*Sorghum bicolor* L. Moench) EN TORREÓN, COAHUILA DURANTE DOS
CICLOS DE PRODUCCIÓN

POR:

MOISES MORENO DÍAZ

TESIS

Presentada como Requisito Parcial para
Obtener el Título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México

Diciembre de 2007

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA

“ANTONIO NARRO”

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO

EVALUACIÓN DE COMPOSTA COMBINADA CON FERTILIZANTE QUÍMICO Y
ESTIÉRCOL DE BOVINO PARA LA PRODUCCIÓN DE SORGO FORRAJERO
(*Sorghum bicolor* L. Moench) EN TORREÓN, COAHUILA DURANTE DOS
CICLOS DE PRODUCCIÓN

POR:

MOISES MORENO DÍAZ

TESIS

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

INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN

Aprobada

Ing. José Ángel de la Cruz Bretón
Presidente del Jurado

Dr. Luis Ibarra Jiménez
Asesor Externo

Dr. Enrique Navarro Guerrero
Sinodal

MC Roberto Espinoza Zapata
Sinodal

Dr. Mario Ernesto Vázquez Badillo
Coordinador de la División de Agronomía

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México

Diciembre de 2007

AGRADECIMIENTOS

A **Dios** primeramente, por permitirme dar un paso más en mi vida, y guiar cada uno de mis pasos con su infinita misericordia. Porque “el temor de Dios es el principio de la sabiduría; el conocimiento del santísimo es la inteligencia”. (Proverbios 9, 10)

A mi **Alma Mater**, por facilitarme los medios con los cuales me he formado profesionalmente.

A **todos mis maestros**, a quienes agradezco infinitamente por ser mi guía en ésta larga e importante travesía, brindándome su apoyo y sus consejos los cuales fueron y serán de gran utilidad, tanto en la universidad como en mi vida personal, gracias.

Al **Centro de Investigación en Química Aplicada (CIQA)** por confiar en mí al haberme abierto sus puertas, así como el apoyo económico que me brindó para poder llevar a cabo la realización de mi tesis.

En especial al **Dr. Luis Ibarra Jiménez**, por todo el apoyo brindado al facilitarme los medios para realizar el trabajo de investigación, por la disposición que siempre mostro durante el desarrollo de la investigación. Muy agradecido Doctor.

Al **COECYT (Consejo Estatal de Ciencia y Tecnología)**, ya que sin su valioso apoyo no podríamos lograr este trabajo.

Al **Ing. José Ángel de la Cruz Bretón**, por el apoyo que me ha brindado sin condición durante la realización de este trabajo de investigación, gracias por su disposición durante toda mi estancia en la universidad.

A la **Q.F.B. Noemí Cantú González**, por su infinita confianza que me brindó durante la realización de las pruebas necesarias para la elaboración de este trabajo. Mil gracias Q. Noemí Dios la guarde por siempre.

Al **Dr. Enrique Navarro Guerrero**, por su amistad y apoyo que siempre me brindó durante mi estancia en la Universidad. Muchas gracias.

Al **M.C. Roberto Espinoza Zapata**, por su valiosísima amistad y apoyo incondicional que me ha brindado hasta hoy en día. Muchas gracias.

Al **Paisano Rigoberto Duarte Herrera**, por su amistad y valiosa cooperación que sin ella no sería posible realizar este trabajo, muchas gracias.

A mis amigos de la **Generación CIV de Ingenieros Agrónomos en Producción**.

A Saúl, Leonardo, Efrén, Ubaldo, Eleazín, Alonso, Elmer, Luis, Arturo, Eloísa, Juan Manuel, Lucio, Julio Montoya, Julio Toledo, Isaac, Rudy, Galileo, Misaél, Carlos, Maurilio, Bolívar y todos mis compañeros que de alguna u otra forma me brindaron su amistad y su apoyo durante nuestra estancia en esta institución.

A **todos mis conocidos**, que aunque no los mencione, sin su apoyo desde siempre no hubiera sido posible culminar mi carrera.

DEDICATORIAS

A mis padres:

**Victoria Díaz Peña †
Francisco Moreno Montelongo**

Gracias por haberme dado el regalo mas valioso de este mundo "la vida", a mi madre que desde el cielo sé que me esta cuidando y apoyando como en vida lo hiciera ya que sin ella no hubiera logrado ser la persona que ahora soy y aunque ya no este conmigo siempre esta en mi mente y en mi corazón; a mi padre por enseñarme a valorar la vida, y ahora que culmino espero regresar para ayudarlo en todo lo que este en mis manos, y así gratificar un poco de lo que ellos han hecho por mi, un millón de gracias; por haberme formado como un hombre de provecho, por el amor y cariño que siempre me han brindado, por sus sabios consejos que siempre me acompañan, por el apoyo incondicional que siempre he recibido. Que si bien no existen padres perfectos, no pude haber tenido unos mejores que ustedes. Y nunca les podré pagar lo que han hecho por mí, los quiero mucho.

A mi hija:

Victoria Guadalupe Moreno Sifuentes

Gracias por ser la motivación de mi vida para superarme y poder darte lo mejor a mí alcance, por ser el regalo más precioso que me ha dado Dios.

A mi esposa:

Imelda Sifuentes Hernández

Por ser de gran ayuda, al brindarme todo su apoyo moral y todo su amor, gracias.

A mis hermanos:

Eva	
Adán	Noé
Leandra	Israel
Martha	Lourdes
Irma	Carmen
Dolores	Ventura

Gracias por brindarme su apoyo ahora que más lo necesito, que dios los guarde muchísimos años.

A toda mi Familia:

Que siempre han estado pendientes de mi de una o de otra forma, gracias. A mis sobrinos, suegros, cuñados, tíos y primos que me brindaron su apoyo, cariño y consejos incondicionales durante mis años de estudio.

ÍNDICE

	Pág.
ÍNDICE.....	I
ÍNDICE DE CUADROS.....	II
ÍNDICE DE FIGURAS.....	IV
INTRODUCCIÓN.....	1
Objetivos.....	6
Hipótesis.....	6
REVISIÓN DE LITERATURA.....	7
Características del sorgo forrajero.....	7
Aspectos de las compostas.....	7
Fertilizantes químicos y compostas.....	8
Estiércol.....	10
Materia orgánica y su importancia en el suelo.....	11
Clorofila.....	13
Determinación de nitrógeno.....	15
Sistema de riego subsuperficial.....	16
Conceptos básicos sobre la calidad de los forrajes.....	17
Materia seca.....	18
MATERIALES Y MÉTODOS.....	20
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	30
Análisis físico-químico del suelo.....	30
Altura de planta.....	35
Área foliar.....	38
Peso seco de planta.....	41
Correlación SPAD 502-nitrógeno.....	44
Tasa relativa de crecimiento.....	48
Tasa de asimilación neta.....	51
Rendimiento de forraje.....	54
CONCLUSIONES.....	58

RESUMEN.....	59
LITERATURA CITADA.....	61
APÉNDICE.....	67

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Pág.
4.1 Análisis físico-químico de las muestras de suelo obtenidas antes de la siembra de sorgo del ciclo 2005, con los diferentes tratamientos de composta sola, combinada con fertilización química y estiércol del área experimental en el Rancho “Ampuero”, Torreón, Coah.....	31
4.2 Análisis físico-químico de las muestras de suelo obtenidas después de la cosecha de sorgo del ciclo 2005 con los diferentes tratamientos de composta sola, combinada con fertilización química y estiércol del área experimental en el Rancho “Ampuero”, Torreón, Coah.....	33
4.3 Análisis físico-químico de las muestras de suelo obtenidas después de la cosecha de sorgo del ciclo 2006 con los diferentes tratamientos de composta sola, combinada con fertilización química y estiércol del área experimental en el Rancho “Ampuero”, Torreón, Coah.....	34
4.4 Comparación de medias de altura de la planta en sorgo en el ciclo 2005, con diferentes tratamientos de composta sola, combinada con fertilización química y estiércol solo.....	36
4.5 Comparación de medias de altura de la planta en sorgo en el ciclo 2006, con diferentes tratamientos de composta sola, combinada con fertilización química y estiércol solo.....	36
4.6 Comparación de medias de área foliar en sorgo en el ciclo 2005, con diferentes tratamientos de composta sola, combinada con fertilización química y estiércol solo.....	39
4.7 Comparación de medias de área foliar en sorgo en el ciclo 2006, con diferentes tratamientos de composta sola, combinada con fertilización química y estiércol solo.....	39

4.8	Comparación de medias de peso seco de planta en sorgo en el ciclo 2005 con diferentes tratamientos de composta sola, combinada con fertilización química y estiércol solo.....	42
4.9	Comparación de medias de peso seco de planta en sorgo en el ciclo 2006 con diferentes tratamientos de composta sola, combinada con fertilización química y estiércol solo.....	42
4.10	Comparación de medias de la tasa relativa de crecimiento en sorgo en el ciclo 2005 con diferentes dosis de composta sola, combinada con fertilización química y estiércol solo.....	49
4.11	Comparación de medias de la tasa relativa de crecimiento en sorgo en el ciclo 2006 con diferentes dosis de composta sola, combinada con fertilización química y estiércol solo	49
4.12	Comparación de medias de tasa de asimilación neta en sorgo en el ciclo 2005 con diferentes tratamientos de composta sola, combinada con fertilización química y estiércol solo.....	52
4.13	Comparación de medias de tasa de asimilación neta en sorgo en el ciclo 2006 con diferentes tratamientos de composta sola, combinada con fertilización química y estiércol solo.....	52
4.14	Comparación de medias de rendimiento de forraje verde y seco en sorgo en el ciclo 2005 con diferentes tratamientos de composta sola, combinada con fertilización química y estiércol solo.....	56
4.15	Comparación de medias de rendimiento de forraje verde y seco en sorgo en el ciclo 2006 con diferentes tratamientos de composta sola, combinada con fertilización química y estiércol solo.....	56

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Pág.
4.1 Altura de la planta de sorgo en el ciclo 2005 con diferentes tratamientos de composta sola, combinada con fertilización química y estiércol solo.....	37
4.2 Altura de de planta de sorgo en el ciclo 2006 con diferentes tratamientos de composta sola, combinada con fertilización química y estiércol solo.....	37
4.3 Área foliar de la planta en sorgo en el ciclo 2005 con diferentes tratamientos de composta sola, combinada con fertilización química y estiércol solo.....	40
4.4 Área foliar de la planta de sorgo en el ciclo 2006 con diferentes tratamientos de composta sola, combinada con fertilización química y estiércol solo.....	40
4.5 Peso seco de la planta de sorgo en el ciclo 2005 con diferentes tratamientos de composta sola, combinada con fertilización química y estiércol solo.....	43
4.6 Peso seco de la planta de sorgo en el ciclo 2006 con diferentes tratamientos de composta sola, combinada con fertilización química y estiércol solo.....	43
4.7 Relación SPAD-502 y nitrógeno a los 30 dds en el ciclo 2005	46
4.8 Relación SPAD-502 y nitrógeno a los 30 dds en el ciclo 2006	46
4.9 Relación SPAD-502 y nitrógeno a los 60 dds en el ciclo 2005	47
4.10 Relación SPAD-502 y nitrógeno a los 60 dds en el ciclo 2006	47
4.11 Tasa relativa de crecimiento de la planta de sorgo en el ciclo 2005 con diferentes tratamientos de composta sola, combinada con fertilización química y estiércol solo.....	50

4.12	Tasa relativa de crecimiento de la planta de sorgo en el ciclo 2006 con diferentes tratamientos de composta sola, combinada con fertilización química y estiércol solo.....	50
4.13	Comparación de medias de tasa de asimilación neta en sorgo en el ciclo 2005 con diferentes tratamientos de composta sola, combinada con fertilización química y estiércol solo.....	53
4.14	Comparación de medias de tasa de asimilación neta en sorgo en el ciclo 2006 con diferentes tratamientos de composta sola, combinada con fertilización química y estiércol solo.....	53
4.15	Rendimiento de forraje verde y seco en el ciclo 2005 con diferentes tratamientos de composta sola, combinada con fertilización química y estiércol solo.....	57
4.16	Rendimiento de forraje verde y seco en el ciclo 2006 con diferentes tratamientos de composta sola, combinada con fertilización química y estiércol solo.....	57

I. INTRODUCCIÓN

Antecedentes.

La fertilización, una de las técnicas que más ha progresado en las últimas décadas, constituye uno de los pilares fundamentales de la producción agrícola. Fuera de las exigencias climatológicas de cada especie agrícola no cabe ninguna duda de que la alimentación de la planta es el factor determinante de un desarrollo sano, vigoroso y equilibrado que, a su vez, es la condición necesaria para lograr una producción óptima (Domínguez, 1997).

Desde épocas remotas diversos pueblos utilizaron abonos orgánicos para fertilizar los cultivos; sin embargo, la utilización masiva de este tipo de abonos y luego la utilización de fertilizantes químicos son producto del desarrollo del capitalismo, en su etapa industrial (Rueda, 1991).

Lo fundamental es que los fertilizantes químicos, abonos orgánicos no pueden contribuir de manera efectiva a la producción si no cuando todos los factores se hallen bien equilibrados para un cultivo o combinación de cultivos apropiados.

Ante esto es preciso implementar un sistema de conservación y aprovechamiento de las materias orgánicas. Se impone entonces, la necesidad de aprovecharlas al máximo, pues hay pérdidas por descomposición natural y no se utilizan de una forma benéfica (Igniateff, 1969).

La incorporación de fertilizantes y abonos orgánicos (estiércoles y compostas) con fines de biorremediación 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). El manejo de los abonos orgánicos ha sido tradicionalmente utilizado por los agricultores de pequeñas extensiones de tierra, incorporando directamente materiales orgánicos (estiércoles, desechos domésticos de frutas y verduras, desechos agrícolas verdes y secos) a su agrosistema.

En las últimas décadas, el uso de abonos orgánicos ha cobrado cada vez más importancia por diversas razones. Desde el punto de vista ecológico, se ha incrementado la preocupación por fomentar las prácticas agrícolas que armonicen con el cuidado y conservación del ambiente. El uso de abonos orgánicos mejora las condiciones de suelos que han sido deteriorados por el uso excesivo de agroquímicos y su sobre-explotación. Las consecuencias directas de estos dos últimos eventos son la pérdida de la materia orgánica, pérdida de la fertilidad y la contaminación de los suelos, cuya producción agrícola podría también estar contaminada.

Las consecuencias indirectas se reflejan en la afectación de la flora y fauna del ambiente aledaño al suelo dañado (Gliessman, 1997; EPA, 1999).

Uno de los abonos orgánicos que ha sido más estudiado en los últimos años, es la composta. Se ha comprobado que mejora una gran cantidad de características del suelo como la fertilidad, la capacidad de almacenamiento de agua, la mineralización del nitrógeno, el fósforo y potasio, mantiene valores de

pH óptimos para el suelo, evita cambios extremos en la temperatura, fomenta la actividad microbiana y controla la erosión. Los efectos mencionados permiten mejorar los suelos agrícolas, incluyendo los suelos de zonas áridas y semiáridas, que en general presentan pobreza de fertilidad, materia orgánica, nutrientes, capacidad de retención de agua y pH alto. (FAO, 1991; Trueba, 1996; Ruíz, 1996). Desde el punto de vista económico es atractivo su uso, ya que el costo a granel de composta representa aproximadamente el 10% menos que el uso de fertilizantes químicos (Trápaga y Torres, 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 nutrientes 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 y chile. Los resultados muestran un incremento en el rendimiento y calidad de los productos cosechados (Valdtighi *et al.*, 1996; Vogtmann y Fricke, 1989), una mayor disponibilidad de nutrientes como nitrógeno, fósforo y potasio y una mejora general en las características físicas del suelo (Bernal *et al.*, 1998; Minna y Jorgensen, 1996). Sin embargo, poco se conoce acerca de las dosis efectivas para lograr incrementos en la producción, por lo que la mayoría de las veces existe un excedente en la cantidad aplicada. El presente estudio contempla el uso de diferentes combinaciones de composta, fertilizante químico, composta más fertilizante químico y estiércol solo, con el fin de determinar la más adecuada para el cultivo de sorgo forrajero en la región lagunera.

Justificación

En la Comarca Lagunera se siembra maíz para ensilaje para la alimentación de vacas lecheras. En esta región, los rendimientos experimentales han sido cercanos a las 20 ton/ha de materia seca (MS), contenido de 8 a 9 % proteína cruda y energía neta para lactancia de 1.4 a 1.5 Mcal/kg de MS. Las evaluaciones experimentales con sorgos forrajeros han registrado rendimientos de 12 a 18 ton/ha de MS (Herrera, 1996). En Coahuila se sembraron 20,000 ha de esta especie en 1991 (INEGI, 1991). El ciclo anual de producción intensiva de forrajes en La Laguna tiene 2 ciclos de maíz y uno de avena con lo que llegan a producir de 35 a 40 t/ha/año de MS. En la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro se desarrolla un programa de mejoramiento genético de maíces para ensilaje y se han reportado producciones experimentales hasta de 30 ton/ha de MS con las variedades AN-446 y AN-773 (Urquiza, 1998).

La región lagunera, se considera la cuenca lechera más importante del país, tanto por su producción como por el uso de las más avanzadas tecnologías en el manejo de los cultivos forrajeros como del hato lechero. La producción de leche en el 2003 fue de 1804 millones de litros, con una producción promedio por vaca/día de 25.7 litros. El inventario de bovinos lecheros en el año mencionado fue de 440,745 cabezas. El valor de la producción de este rubro fue de 6,518 millones de pesos (Fuente: SAGARPA; El Siglo de Torreón, 2004). Sin embargo, del 2002 al 2003, los principales cultivos de la región presentaron un significativo incremento en sus costos de

producción. Según la Cámara Agrícola y Ganadera de Torreón, el costo de producción aumentó y el precio final se mantuvo, generando un importante deterioro de la rentabilidad. Parte de lo anterior se debió al aumento en los precios de los fertilizantes químicos más utilizados en la región, Sulfato de amonio (SA) y Fosfato monoamónico (MAP). En acuerdo con estadísticas extraoficiales recientes, en la zona productora de la Comarca Lagunera, en el año 2003 se sembraron 13,594 has de maíz forrajero, 11,641 has de sorgo forrajero (Periódico El Siglo de Torreón, 2003) y 2,500 hectáreas de triticales (Comunicación personal con Alejandro Javier Lozano del Río, investigador de triticales de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro).

El Fondo Mixto de Coahuila menciona que en la región Lagunera se generan 600,000 toneladas 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 de los Fondos Mixtos del Estado de Coahuila, es que el estiércol de bovino debe investigarse para mejorar la estructura del suelo y el rendimiento de los cultivos.

La existencia de 600,000 toneladas por año de estiércol bovino (peso seco) demanda la tecnología de las compostas solas o en combinación con fertilizantes sintéticos aunada a los sistemas de riego, pueden ser una alternativa de producción para los productores de forraje en la región Lagunera.

Objetivo

Determinar la dosis óptima de composta sola o combinada con porcentajes de fertilización inorgánica o de estiércol bovino, para la posible sustitución de la fertilización química en la producción de sorgo forrajero en la región lagunera y reducir los costos de producción.

Hipótesis

Al menos una de las diferentes dosis de composta sola o combinada con fertilización química o estiércol solo en el cultivo de sorgo, tendrá una respuesta favorable para el aumento de la producción de forraje verde en la región lagunera con respecto al testigo, y con la posibilidad de sustituir parcial o totalmente la fertilización sintética tradicional.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

Características del sorgo forrajero

El sorgo forrajero es importante en las regiones lecheras del norte árido de México, con una eficiencia ligeramente menor a 3 kg MS m⁻³ de agua, es un 30 por ciento más eficiente que el maíz y 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 aquellas 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

Noriega (2002), describe a la composta, como el producto generado por la acción microbiana, teniendo como materia prima desechos orgánicos. La composta es materia orgánica de diversas fuentes, mineralizada por microorganismos que pueden ser inoculados; la mezcla de residuos orgánicos, pueden contener materiales como ceniza; la degradación microbiana es un proceso aeróbico que pasa por una fase termófila, el proceso de degradación

es un proceso complejo, en el cual ocurren reacciones bioquímicas e intervienen organismos vivos en un ambiente cálido y húmedo.

De los elementos nutritivos contenidos en las compostas, del 70 al 80% de fósforo y del 80 al 90% de potasio están disponibles el primer año, mientras que todo el nitrógeno (N) es orgánico, lo cual lo constituye en un elemento problema, dado que debe mineralizarse para ser absorbido por las plantas, y en el primer año solo se mineraliza el 11%, generándose una deficiencia de este elemento si no es abastecido apropiadamente (Eghball *et al.*, 2000; Heeb *et al.*, 2005).

Robledo (2005), en un trabajo similar a este estudio, evaluó tratamientos con fertilización nitrogenada de 164, 140, 120 y 80 kg. Suplementada con estiércol de bovino y gallinaza, más el testigo, en dos localidades de la región lagunera sobre el rendimiento de forraje de 10 genotipos de cereales de invierno durante el ciclo otoño-invierno 2004-2005; reporta que los mayores rendimientos de forraje en promedio de los 10 genotipos fueron registrados en los tratamientos de fertilización que combinaban tanto composta de estiércol como fertilizantes químicos, específicamente las combinaciones 75-25 y 50-50, para composta y fertilizante químico respectivamente.

Fertilizantes químicos y compostas

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 a que el agricultor incremente la

producción, obteniendo cosechas de mejor calidad y un mayor beneficio económico (Alfonso, 1977; Fernández, 1977; Cásseres, 1994; FONAIAP, 1995).

Las tecnologías de desarrollo, también han generado insumos como los fertilizantes químicos, agrotóxicos y sustancias bioestimuladoras, que actualmente por su uso desmedido se han convertido en fuentes de contaminación para el hombre y la naturaleza. El rescate de las tecnologías de producción orgánica puede darle solución a muchos de los problemas planteados, produciendo alimentos sanos sin contaminantes, recuperando los suelos degradados y aumentando la fertilidad de los mismos, así como brindándoles las tecnologías al productor para producir con menos costos, recuperando los suelos y eliminando la contaminación ambiental (Gómez, L 1995; ECOPOL, 1999; Gómez, 2000).

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 N, 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 aquéllos 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 fósforo 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).

Estiércol

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 nutrimentos 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 ton ha⁻¹ año⁻¹, y una sola dosis de 240 ton 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 ton 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.

Materia orgánica (MO) y su importancia en el suelo

Guzmán y Monjarás (1982), Ruiz (1996) y Romero (1997), señalan que en la floculación y dispersión del sistema coloidal del suelo intervienen físicamente la materia orgánica (MO); esta incrementa la retención de agua, también favorece la agregación en suelos arenosos y la dispersión en suelos arcillosos, trayendo consigo condiciones favorables de aireación y permeabilidad o infiltración. Las pérdidas de agua por evaporación pueden ser reducidas con las coberturas orgánicas, esto también disminuye la temperatura del suelo en verano y la conserva en invierno, evitando también la formación de costras superficiales.

El C, N, F, H, Ca, P y Mg son los elementos químicos más importantes en la materia orgánica. Las principales funciones químicas del abono orgánico son las de actuar como un almacén de elementos químicos, incluyendo hormonas y antibióticos; también se producen ácidos orgánicos y CO_2 al momento de la descomposición de la materia orgánica que actúa como disolvente, transformando muchos materiales en forma mas asimilable para la planta. También incrementa el poder amortiguador de los suelos, retardando los procesos por los cuales se reducen los cambios de reacción (pH). Los abonos orgánicos también tienen una fuerte habilidad para absorber o retener los componentes de los fertilizantes químicos y nutrientes de los minerales del suelo, haciendo disminuir el flujo de pérdida por percolación, originándose un aumento en la capacidad de intercambio catiónico.

La materia orgánica fresca libera más rápidamente el fósforo aprovechable en los suelos ácidos. Al momento de la descomposición de la materia orgánica libera ácidos orgánicos los cuales ayudan a reducir la alcalinidad de los suelos, lo cual reduce el aporte de nitratos y por consiguiente reduce la contaminación a los acuíferos.

Biológicamente, la aplicación de M.O. en los suelos constituye un almacén de alimento para las plantas y para los microorganismos del suelo. Las características biológicas del suelo son modificadas por los abonos orgánicos los cuales aumentan el contenido y cantidad de microorganismos del suelo y sirve como fuente energética para la mayoría de ellos, por lo cual son

importantes, ya que controlan la cantidad de alimentos disponibles, lo cual nos dice que un suelo fértil es rico en estos, mientras que un suelo bajo en alimentos disponibles tienen pocos microorganismos

Clorofila

El contenido de clorofila y la absorción de nitrógeno se han correlacionado con las unidades SPAD en diversas condiciones ambientales como la intensidad luminosa, temperatura, humedad relativa, plagas, densidad de población, fuente de nitrógeno, etc. (Hiderman *et al.*, 1992; Piekielek y Fox, 1992).

La clorofila en sus diversas formas, es el pigmento fotosintético primario en las plantas superiores y su contenido depende de la concentración de Nitrógeno foliar y la dosis de fertilización con Nitrógeno (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 medidor de clorofila Minolta SPAD® 502, el que emite luz a dos longitudes de onda (650 nm y 940 nm) a través de la hoja, captando la luz transmitida y convirtiendo estos valores en lecturas de SPAD. Es un método rápido y fácil de utilizar, permitiendo realizar muestreos más frecuentemente y explorar en mayor medida la variabilidad en un sitio comparado con otros

métodos (Murdock *et al.*, 1997). La fundamentación del método se basa en las estrechas relaciones que existen entre las lecturas de índice de verdor (IV) y el contenido de clorofila y, entre ambos y la concentración de Nitrógeno en la hoja (Schepers *et al.*, 1992). Esto se debe a que la cantidad de clorofila está influenciada por la disponibilidad de nutrientes (Finnan *et al.*, 1997), encontrándose que hasta un 75% del N reducido en la hoja está dentro de los cloroplastos y las proteínas solubles, asociadas a la fotosíntesis (Grindlay, 1997). Sin embargo, las lecturas de (IV) sólo pueden predecir parcialmente la concentración de N en hoja. A altos niveles de Nitrógeno, el IV no aumenta sino que se hace constante, como sucede con el rendimiento en grano, mientras que la concentración de Nitrógeno en hoja continúa incrementándose con el suministro de Nitrógeno (Peltonen *et al.*, 1995; Schepers *et al.*, 1992). Esto implica que el IV no es apto para poder identificar el consumo de luz en la planta e impide predecir si el Nitrógeno es aplicado en exceso (Piekielek *et al.*, 1995). Además, presenta el inconveniente de que el IV necesita calibraciones según la especie (Castelli *et al.*, 1996) y es afectado por numerosos factores como genotipos, estados de crecimiento, otros nutrientes, enfermedades o ataques de insectos y, condiciones ambientales como humedad y temperatura al momento de la medición (Piekielek y Fox., 1992; Blackmer y Schepers, 1995; Strada y Echeverría, 1998; Fox *et al.*, 2001). Por lo tanto, se puede afirmar que no es factible establecer un valor de IV crítico que indique suficiencia de Nitrógeno en todos los cultivos, sitios, años y condiciones ambientales. Debido a esto y, para minimizar la influencia causada por los factores mencionados, se recomienda calibrar las lecturas de IV estableciendo áreas de referencia con

exceso de Nitrógeno para lograr una concentración máxima de clorofila en las hojas (Waskom, 1996).

Determinación de Nitrógeno

El uso correcto del nitrógeno (N) es una de las variables de manejo más importantes para lograr altos rendimientos en cultivos. En nuestro país existe una larga tradición de investigación en el tema lo que ha dado como fruto significativos avances en el conocimiento de la dinámica de este nutriente.

La técnica más ampliamente usada para la determinación cuantitativa de nitrógeno total es la de Kjeldahl (Bremmer y Mulvaney, 1982), la cual fue desarrollada en el siglo XX y, debido al firme principio químico en el que se fundamenta, prácticamente no ha sido modificada. No obstante, tiene el inconveniente de requerir equipo especializado, cuando se tiene un gran número de muestras para analizar, el gasto de reactivos es excesivo, lo que ocasiona que el costo de la determinación sea alto.

Otro de los inconvenientes, es el tiempo invertido desde la toma de la muestra hasta su preparación y análisis. La determinación de clorofila en tejidos vegetales (por extracción con acetona a 80% o con N, N-dimetilformamida), es un método utilizado para estimar el estado nutrimental del cultivo en lo que se refiere al N, Mg y F principalmente (Sachdchina y Dimitrieva, 1995) y conlleva los mismos inconvenientes de tiempo y costo que la técnica de Kjeldahl.

Wood *et al.*, (1992); Vos y Bom (1993), estudiaron la relación entre los valores SPAD y el contenido de nitrógeno en plantas de maíz y en papa. Afirman que esta relación es alta y que se explica con una regresión curvilínea en maíz $r^2=0.9$ y con una regresión lineal en papa $r^2=0.95$. Los coeficientes de regresión son altamente significativos para los dos casos.

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, también se logra 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 mínimos por ciclo 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), CO₂ (asimilación de CO) y oxígeno (Clark y Smaistra, 1996).

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

III. MATERIALES Y MÉTODOS.

Localización del área de estudio

El presente trabajo se realizó 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. Köppen la mayor parte del área cultivable de la Comarca Lagunera tiene clima seco de desierto, llueve durante el verano, temperatura caliente con media anual $\geq 18^{\circ} \text{C}$ (BWhw).

Suelo

Los suelos del área de estudio son de tipo fluvisol calcarico, son suelos con más del 15% de saturación de sodio en algunas porciones a menos de 125 cm de profundidad.

Material genético utilizado

Para la realización de este trabajo de investigación se utilizó el híbrido de Sorgo denominado “Fame” procedente de Texas, EUA.

Diseño experimental

El experimento se realizó bajo el diseño de Bloques al Azar considerando siete tratamientos y cuatro repeticiones, 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. La dimension del área experimental fue de 1500 m².

Modelo estadístico del diseño Bloques al Azar

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.

ti = Efecto del i -ésimo tratamiento.

rj = Efecto de la j -ésima repetición.

Eij = Efecto del error experimental.

Análisis estadístico

Se realizó análisis de varianza para cada una de las variables agronómicas que se mencionan y se describen más adelante, el cual se calculó mediante el paquete computacional *Statistical Analysis System* (SAS).

Fertilización.

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 distribuyendo uniformemente los materiales para cada tratamiento.

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 (SA), satisfaciendo la fórmula requerida para el cultivo de sorgo. Las compostas

utilizadas fueron hechas en el Rancho Ampuero, el estiércol tuvo el mismo origen.

Los tratamientos utilizados son los siguientes:

- **Tratamiento 1:** 50%C+50%FQ (569.5kg de C+12.5kg SA)
- **Tratamiento 2:** 75%C+25%FQ (854.2kg de C +6.3kg SA)
- **Tratamiento 3:** 100%FQ (25kg SA)
- **Tratamiento 4:** 25%C+75%FQ(284.7kg de C+18.8kg SA)
- **Tratamiento 5:** 100%C (1138.9kg de C)
- **Tratamiento 6:** 100%E (711.8kg E)
- **Tratamiento 7:** Testigo

C= composta

FQ= fertilizante químico

E= estiércol

SA= sulfato de amonio

Muestreos de suelo

Se realizaron tres muestreos para determinar las posibles modificaciones a la estructura de este, realizándose el primero después de la cosecha del primer ciclo, y el segundo se realizó previo a la siembra del segundo ciclo, obteniendo el tercero después de la cosecha del segundo ciclo. Estos muestreos se realizaron con la ayuda de una barrena, con la cual se obtuvieron 3 muestras las cuales se mezclaron y se tomo un kg de suelo de cada

tratamiento para ser analizado en el laboratorio. Las muestras fueron llevadas al Centro de Investigación en Química Aplicada (CIQA) para ser analizada.

Preparación del terreno

La preparación del terreno se realizó en base a las prácticas que comúnmente se realizan en la región, dándose dos pasos de rastra. Posteriormente se procedió a medir las dimensiones para cada tratamiento para aplicar las cantidades de composta, fertilizante químico y estiércol correspondientes a cada tratamiento, esta labor de aplicación fue en forma manual, por último se utilizó el desterronador para incorporar al suelo las aplicaciones antes mencionadas. Estas prácticas se realizaron de igual manera en los dos ciclos.

Riego

Se utilizó cinta de riego por goteo Typhoon 630, espesor de pared de 12.5 mm, colocada de manera subsuperficial a 0.40 m de profundidad. La distancia entre cintas de riego fue de 0.60 m, con una distancia entre goteros de 0.30 m. El gasto por gotero es de 0.946 lph. La lámina de agua aplicada se obtuvo multiplicando la evaporación diaria por (0.8). Los riegos se aplicaron con una frecuencia de 3 veces por semana (lunes, miércoles y viernes) y la duración de estos fue de acuerdo a la evaporación correspondiente a cada mes del ciclo.

Fechas de Siembra y cosecha

Fecha de Siembra del primer ciclo; 23 de Agosto del 2005

Siembra del segundo ciclo; 27 de Julio del 2006

La siembra se realizó mecánicamente a una distancia entre plantas de 10 cm aproximadamente, resultando una densidad aproximada de 131,578 plantas/ha.

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

La cosecha del cultivo se llevó a cabo el 24 de noviembre del año 2005 en el primer ciclo, el segundo ciclo se realizó el 07 de Noviembre de 2006.

Otras labores culturales

Deshierbes

Se eliminaron hierbas en las primeras etapas de crecimiento del cultivo, según las necesidades, esto se realizó manualmente en virtud de que las dimensiones del terreno lo permiten hacer eficientemente de esta manera.

Variables Evaluadas

Se llevaron a cabo 3 muestreos, a los 30, 60 y 90 días después de la siembra; en cada muestreo se recolectaron dos plantas de cada unidad

experimental de los tratamientos, considerando que fueran muestras representativas. En cada una de las parcelas se midieron las características agronómicas que se mencionan a continuación:

Altura de planta

Esta variable 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, posteriormente se determinó la media entre las plantas.

Área foliar

Para la evaluación de área foliar a las mismas plantas a las que se les midió la altura se seccionaron en partes separando hojas y tallos, utilizando solo las hojas para esta variable. Se determinó mediante 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 etapas fenológicas avanzadas, también se separó la panoja, estas secciones se colocaron 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. Luego se juntaron los pesos de cada planta para determinar la media por unidad experimental.

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, estas mediciones se realizaron con la ayuda de un aparato medidor de clorofila modelo: SPAD 502 a tres plantas de cada una de las parcelas experimentales calculando la media de las tres plantas.

Análisis de contenido de nitrógeno

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

Rendimiento de Forraje verde

Para la determinación total de forraje verde se cosechó un metro lineal de cada parcela, se cosechó un total de 10 plantas correspondientes a un metro lineal, las cuales fueron pesadas con una báscula digital, del peso obtenido se hizo su respectiva conversión a toneladas por hectárea.

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, como la anterior variable, se hizo la conversión y se expresó en toneladas por hectárea.

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.

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

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.

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

TRCF=Tasa relativa de crecimiento foliar. Es el incremento de la masa fotosintética de la planta.

$$TRCF = \frac{(\ln AF_2 - \ln AF_1)}{(T_2 - T_1)} = \frac{cm^2}{cm^2 \times día}$$

RAF= Relación área foliar. La RAF es la relación que existe entre el área foliar y el peso seco total de la planta.

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

Donde:

PSP_2 y PSP_1 se refiere a los pesos secos de los muestreos de planta (30, 60 y 90 días después de siembra).

AF_1 y AF_2 , son los valores de área foliar (cm^2) de los muestreos de planta (30, 60 y 90 días después de siembra).

T_1 es el tiempo en días del primer muestreo

T_2 es el tiempo en días del segundo muestreo

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis físico-químico del suelo

En el cuadro 4.1 se reportan los resultados obtenidos de las muestras del suelo del área experimental, referente a cada tratamiento antes de la siembra del ciclo 2005, 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 se determina que es pobre, indicando la conductividad eléctrica que es un suelo no salino.

En cuanto al pH se clasifican todos los tratamientos como un suelo medianamente alcalino.

El fósforo aprovechable de las muestras es medianamente pobre para todos los tratamientos; en el caso del potasio sus valores son mayores de 900 kg/ha, por lo cual se considera como un suelo extremadamente rico en este elemento.

El contenido de materia orgánica reporta que es un suelo mediano, presentando valores desde 0.94 hasta 1.59%, siendo el mas alto el tratamiento 25%FQ+75%C, seguido del tratamiento 100%E con un valor de 1.30%.

Cuadro 4.1. Análisis físico-químico de las muestras de suelo obtenidas antes de la siembra de sorgo del ciclo 2005 con los diferentes tratamientos de composta sola, combinada con fertilización química y estiércol del área experimental en el Rancho “Ampuero”, Torreón, Coah.

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

En el cuadro 4.2 se reportan los resultados obtenidos de las muestras del suelo del área experimental correspondiente a cada tratamiento después de la cosecha del ciclo de sorgo 2005. Y en el cuadro 4.3 después de la cosecha del ciclo de sorgo 2006, donde la determinación de la estructura indica que es un suelo franco arcillo-arenoso en el caso del cuadro 4.2 en todos los tratamientos según el triángulo de texturas. Por otro lado, en el cuadro 4.3 se reportan no muchas variaciones en cuanto a la modificación de la estructura, solo el tratamiento 50%C+50%FQ cambió a franco.

El contenido de nitrógeno total se sigue clasificando como pobre y extremadamente pobre. La conductividad eléctrica indica que es un suelo no salino estos aspectos son similares en los tres muestreos.

Respecto al pH no se observó gran variación entre los muestreos, solo el tratamiento de 100% FQ cambio a ligeramente alcalino, manteniéndose los demás tratamientos en la clasificación de medianamente alcalino.

El fósforo aprovechable cambió de medianamente pobre a medianamente rico en la mayoría de los tratamientos; lo cual se puede observar en los cuadro 4.2 y 4.3 en comparación con el cuadro 4.1. En el caso del potasio sus valores son mayores de 900 kg/ha, considerándose como un suelo extremadamente rico en todos los muestreos.

El contenido de materia orgánica varía en los valores porcentuales en los tres muestreos, pero no en su clasificación de mediano, debido a que ésta tarda en descomponerse y con ello mejorar las propiedades del suelo.

Cuadro 4.2. Análisis físico-químico de las muestras de suelo obtenidas después de la cosecha de sorgo del ciclo 2005 con los diferentes tratamientos de composta sola, combinada con fertilización química y estiércol del área experimental en el Rancho “Ampuero”, Torreón, Coah.

	50%C+50% FQ	75%C+25% FQ	100%FQ	25%C+75% FQ	100%C	100%E	Testigo
pH	7.85 Medio Alcalino	8.09 Medio Alcalino	7.75 Ligero Alcalino	8.10 Medio Alcalino	7.90 Medio Alcalino	7.78 Ligero Alcalino	7.86 Medio Alcalino
C.E. ds/m	1.012 Suelo no Salino	0.765 Suelo no Salino	0.763 Suelo no Salino	0.691 Suelo no Salino	0.614 Suelo no Salino	1.102 Suelo no Salino	0.693 Suelo no Salino
Mat. Org.	1.28 Mediano	1.31 Mediano	1.42 Mediano	1.40 Mediano	1.29 Mediano	1.53 Mediano	1.67 Mediano
N Total %	0.055 Pobre	0.067 Pobre	0.071 Pobre	0.062 Pobre	0.065 Pobre	0.076 Pobre	0.064 Pobre
P (kg/ha)	65.9 Mediano	63.0 Mediano rico	55.9 Mediano rico	49.9 Mediano rico	51.6 Mediano rico	57.9 Mediano rico	61.0 Mediano rico
K (kg/ha)	Más de 900 extremo rico	Más de 900 extremo rico	Más de 900 extremo rico	Más de 900 extremo rico	Más de 900 extremo rico	Más de 900 extremo rico	Más de 900 extremo rico
Carb. Tot. %	12.0 Bajo	11.0 Bajo	14.9 Mediano	12.5 Bajo	13.0 Bajo	12.8 Bajo	12.6 Bajo
Textura	Franco Arcillo Arenoso	Franco Arcillo Arenoso	Franco Arcillo Arenoso	Franco Arcillo Arenoso	Franco Arcillo Arenoso	Franco Arcillo Arenoso	Franco Arcillo Arenoso

Cuadro 4.3. Análisis físico-químico de las muestras de suelo obtenidas después de la cosecha de sorgo del ciclo 2006 con los diferentes tratamientos de composta sola, combinada con fertilización química y estiércol del área experimental en el Rancho “Ampuero”, Torreón, Coah.

	50%C+50% FQ	75%C+25% FQ	100%FQ	25%C+75% FQ	100%C	100%E	Testigo
pH	8.02 Medio Alcalino	7.93 Medio Alcalino	7.97 Ligero Alcalino	8.01 Medio Alcalino	8.0 Medio Alcalino	8.09 Medio Alcalino	8.12 Medio Alcalino
C.E. ds/m	0.896 Suelo no salino	1.152 Suelo no salino	0.556 Suelo no salino	0.583 Suelo no salino	0.963 Suelo no salino	0.714 Suelo no salino	0.586 Suelo no salino
% M.O.	1.25 Mediano	1.65 Mediano	1.36 Mediano	1.45 Mediano	2.02 Mediano	1.33 Mediano	1.63 Mediano
N Total %	0.048 Extremo pobre	0.050 Pobre	0.43 Extremo pobre	0.049 Extremo pobre	0.53 Pobre	0.051 Pobre	0.053 Pobre
P (kg/ha)	53.1 Mediano	54.42 Mediano rico	78 Mediano rico	55.7 Mediano	48.9 Mediano rico	49.2 Mediano rico	48.1 Mediano rico
K (kg/ha)	Más de 900 extremo rico	Más de 900 extremo rico	Más de 900 extremo rico	Más de 900 extremo rico	Más de 900 extremo rico	Más de 900 extremo rico	Más de 900 extremo rico
Carb. Tot. %	9.0 Bajo	10.0 Bajo	8 Bajo	9 Bajo	7 Bajo	8.7 Bajo	7 Bajo
Textura	Franco	Franco Arcilloso	Franco Arcillo Arenoso	Franco Arcillo Arenoso	Franco Arcillo Arenoso	Franco Arcillo Arenoso	Franco Arcillo Arenoso

De los análisis estadísticos

Altura de planta.

En los muestreos de altura de planta de los dos ciclos (2005 Figura 4.1 vs 2006 Figura 4.2) durante los muestreos realizados en los dos ciclos, a los 30 dds, se observa que todos los tratamientos fueron similares al testigo. Presentándose una mayor diferencia entre tratamientos en el ciclo 2006 (Cuadro 4.5) en comparación con el ciclo 2005 (Cuadro 4.4).

En el ciclo 2006 a los 60 dds, la altura máxima fue de 207 cm correspondiente al tratamiento 100%C, en el ciclo 2005 la altura máxima fue de 168.67cm correspondientes al tratamiento 50%FQ+50%C, mientras que el testigo tuvo inferioridad en magnitud en los dos ciclos en comparación con los demás tratamientos con valores de 192.65 cm para el ciclo 2006 y 164.75 cm para el 2005.

En el muestreo a los 90 dds la mayor altura la presenta el tratamiento 25%FQ+75%C en el ciclo 2006 con 221 cm, sin embargo, en el ciclo 2005 la mayor altura la presenta el tratamiento 100%FQ con una altura de 215.2 cm. Presentándose en el año 2006 los mayores valores de altura de planta. El testigo presento los menores valores de altura de planta tanto en el ciclo 2006 como en el 2005. La información presentada en los resultados indica mayores valores de altura de planta para los tratamientos a que se somete el cultivo, lo que representa un aspecto favorable para el estudio.

Cuadro 4.4. Comparación de medias de altura de planta en sorgo en el ciclo 2005 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
50%FQ+50%C	57.72	168.87	208.00 ab
25%FQ+75%C	55.47	165.87	205.37 b
100%FQ	50.30	166.35	215.25 a
75%FQ+25%C	51.90	154.00	208.12 ab
100C	51.40	166.87	208.25 ab
100%E	53.17	165.12	209.2 ab
Testigo	50.60	164.75	207.37ab
DMS (0.05)	6.90 NS	17.17 NS	8.17

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

Cuadro 4.5. Comparación de medias de altura de planta en sorgo en el ciclo 2006 con diferentes tratamientos de composta sola, combinada con fertilización química y estiércol solo.

Tratamientos	Altura de Planta 30 dds	Altura de Planta 60 dds	Altura de Planta 90 dds
50FQ+50C	64.500	182.650 d	209.125 ab
25FQ+75C	64.625	206.125 a	221.000 a
100% FQ	56.175	195.675 bc	203.750 b
75FQ+25C	53.975	195.750 bc	196.625 b
100C	53.125	207.000 a	204.250 b
100E	52.750	197.500 abc	195.750 b
Testigo	58.875	192.650 cd	202.250 b
DMS (0.05)	10.355 NS	10.526	13.487

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

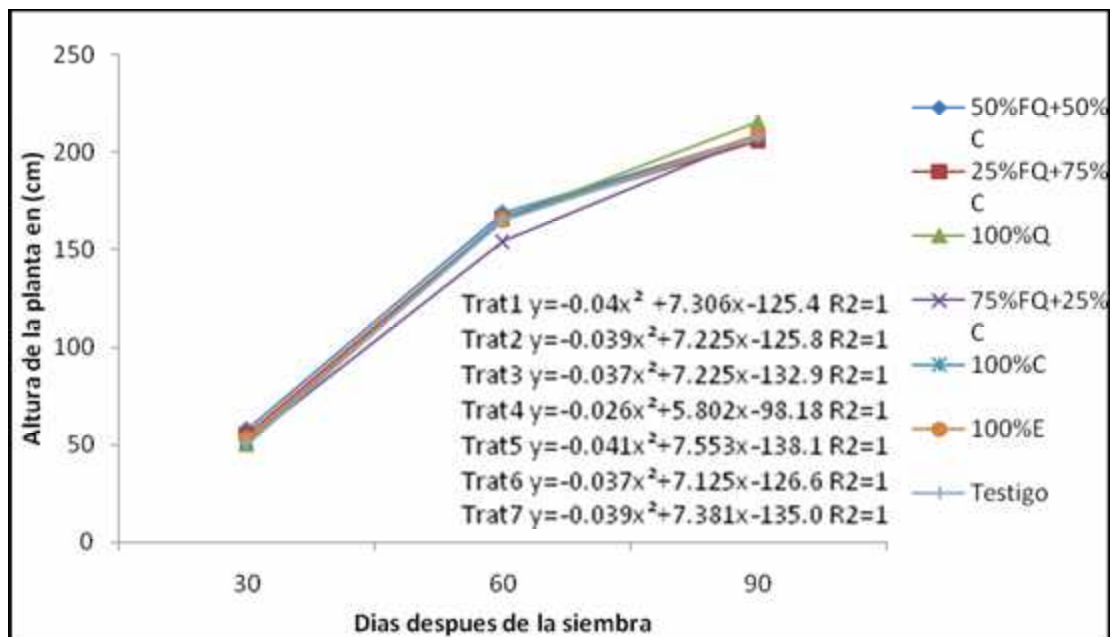


Figura 4.1. Altura de la planta de sorgo en el ciclo 2005 con diferentes tratamientos de composta sola, combinada con fertilización química y estiércol solo

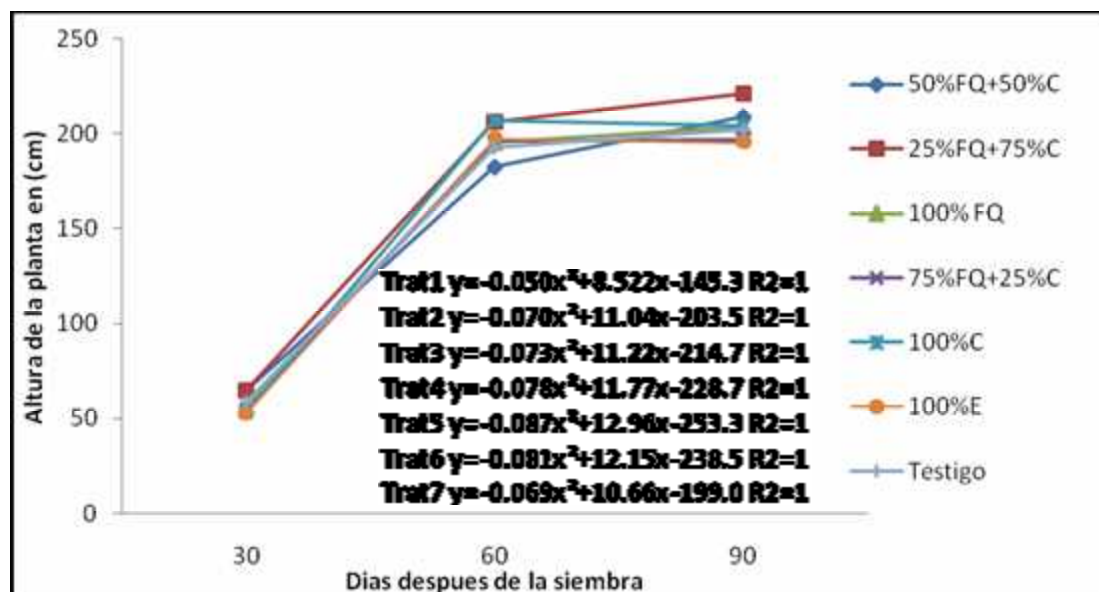


Figura 4.2. Altura de la planta de sorgo en el ciclo 2006 con diferentes tratamientos de composta sola, combinada con fertilización química y estiércol solo

Área foliar

Como se puede observar en las Figuras 4.3 y 4.4, hay una variación entre años. Mostrándose valores muy marcados, superiores en el ciclo 2005 Cuadro 4.6 desde el muestreo a los 30 dds. Siendo el tratamiento 50%C+50%FQ el que muestra una mayor área foliar con 1648.9 cm^2 . En el caso del ciclo 2006 Cuadro 4.7 el área foliar mas alta fue de 653.41 cm^2 correspondiente al tratamiento 25%FQ+75%C. Lo que refleja una respuesta diferente entre tratamientos y años.

En el muestreo a los 60 dds hay un comportamiento similar en los dos ciclos, aunque se muestran más altos valores en el ciclo 2005. En dicho año los tratamientos 25%FQ+75%C y 75%FQ+25%C mostraron un comportamiento cuantitativamente superior respecto a los demás tratamientos registrando valores de $3,522.6 \text{ cm}^2$ y $3,400.5 \text{ cm}^2$ respectivamente quedando el testigo con el menor valor cuantitativo. En el ciclo 2006 nuevamente el tratamiento 25%FQ+75%C se registró como el mas alto con un valor de $3,221.2 \text{ cm}^2$.

Continuando con el muestreo a los 90 dds, el ciclo 2005 siguió comportándose superior al ciclo 2006 en la mayoría de los tratamientos (Cuadros 4.6, 4.7). Se observa que en ambos ciclos los valores ya obtenidos a los 60 dds disminuyeron considerablemente, esto debido a que solo se midieron las hojas fotosintéticamente activas.

Se observó que los tratamientos con contenido de composta (25%C y 100%C) son los que presentan cuantitativamente el mayor valor de área foliar

en el ciclo 2005. Sin embargo en el ciclo 2006 estos son superados por el tratamiento 100%E. Por lo anterior se puede decir que el contenido de composta pueda influir en el tamaño del aparato fotosintetizador.

La producción de área foliar se presentó en los dos ciclos como una descripción polinomial de segundo grado (Figura 4.6 y 4.7).

Cuadro 4.6. Comparación de medias de área foliar en sorgo en el ciclo 2005 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
50%FQ+50%C	1648.9 a	3070.1 bc	2709.5 b
25%FQ+75%C	1418.8 abc	3400.5 ab	2933.6 ab
100%FQ	1161.3 cd	3310.2 ab	2963.6 ab
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).

Cuadro 4.7. Comparación de medias de área foliar en sorgo en el ciclo 2006 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
50%FQ+50%C	541.38 ab	2501.20 b	2353.20 b
25%FQ+75%C	653.41 a	3221.20 a	2907.10 ab
100%FQ	486.79 ab	3138.20 a	2797.40 ab
75%FQ+25%C	453.41 b	3186.70 a	3207.50 a
100C	400.97 b	2991.50 ab	2779.30 ab
100%E	410.53 b	2921.40 ab	3275.20 a
Testigo	437.65 b	3032.50 ab	2745.20 ab
DMS (0.05)	168.92	554.45	785.58

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

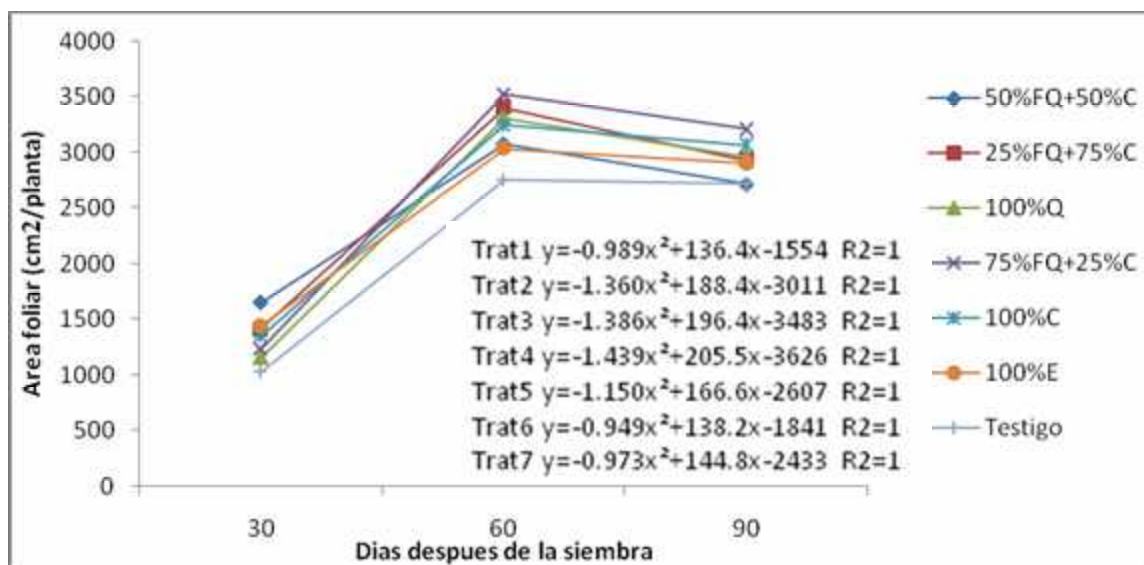


Figura 4.3. Área foliar de la planta de sorgo en el ciclo 2005 con diferentes tratamientos de composta sola, combinada con fertilización química y estiércol solo.

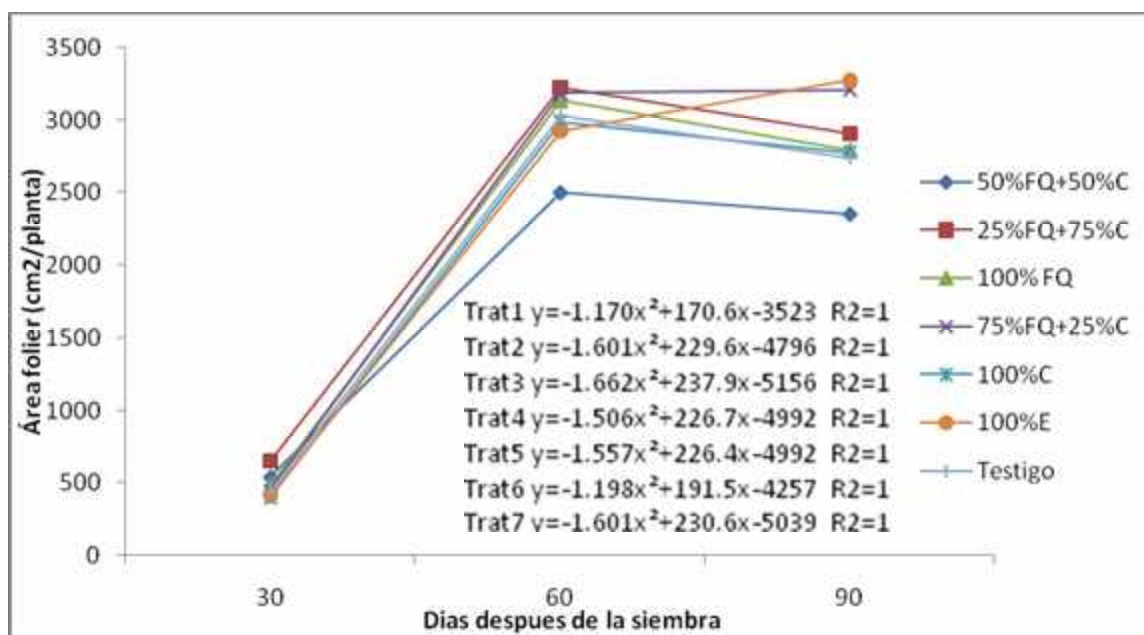


Figura 4.4. Área foliar de la planta de sorgo en el ciclo 2006 con diferentes tratamientos de composta sola, combinada con fertilización química y estiércol solo.

Peso seco de planta

Se puede observar que en el ciclo 2005 (Cuadro 4.8), el tratamiento 50%FQ + 50%C es superior en el muestreo a los 30 dds con un valor 9.98 g. registrando el testigo el menor valor en comparación con los demás tratamientos.

En cambio en el ciclo 2006 (Cuadro 4.9) se observa que el testigo es similar estadísticamente a la totalidad de los tratamientos excepto al tratamiento 25%FQ+75%C ya que este muestra un valor mas alto.

En el muestreo a los 60 dds el ciclo 2005 se ve superado cuantitativamente por el ciclo 2006 ya que obtuvo valores desde 47 g (tratamiento 100% FQ), hasta 62 g (tratamiento 25%FQ+75%C). En el ciclo 2005 el valor mas alto fue 45.62 g y este corresponde al tratamiento 100%FQ.

En el muestreo a los 90 dds, el ciclo 2006 supera aparentemente al ciclo 2005 mostrándose como mejores tratamientos: 100%C, 50%FQ+50%C con valores de 117 g, sin embargo, los tratamientos tuvieron un comportamiento estadísticamente similar. En el ciclo 2005 aunque todos los valores son inferiores al ciclo 2006, claramente se ve que todos los tratamientos superan estadísticamente al testigo en el ciclo 2005.

Los tratamientos con mayor contenido de composta tienden a ser sobresalientes, esto podría indicar, que con el paso del tiempo las compostas tiene una mejor función en el suelo dándole mejores características para el

desarrollo del cultivo, ya que a partir de los 60 dds estos tratamientos empiezan a sobresalir, tanto en el ciclo 2005 como en el 2006.

Cuadro 4.8. Comparación de medias de peso seco de planta en sorgo en el ciclo 2005 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
50FQ+50C	9.68 a	39.69 ab	65.18 bc
25FQ+75C	9.01 a	40.66 ab	66.87 bc
FQ100	7.16 ab	45.62 a	71.92 ab
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).

Cuadro 4.9. Comparación de medias de peso seco de planta en sorgo en el ciclo 2006 con diferentes tratamientos de composta sola, combinada con fertilización química y estiércol solo.

Tratamientos	Peso Seco Planta 30 dds	Peso Seco Planta 60 dds	Peso Seco Planta 90 dds
50FQ+50C	3.8363 ab	53.514	117.78
25FQ+75C	4.3238 a	62.806	112.47
100% FQ	3.2475 abc	47.480	102.74
75FQ+25C	2.8200 bc	54.748	116.82
100C	2.5125 c	60.246	117.59
100E	2.6200 c	54.500	107.89
Testigo	2.8075 bc	54.518	103.30
DMS (0.05)	1.1237	14.575NS	29.967NS

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

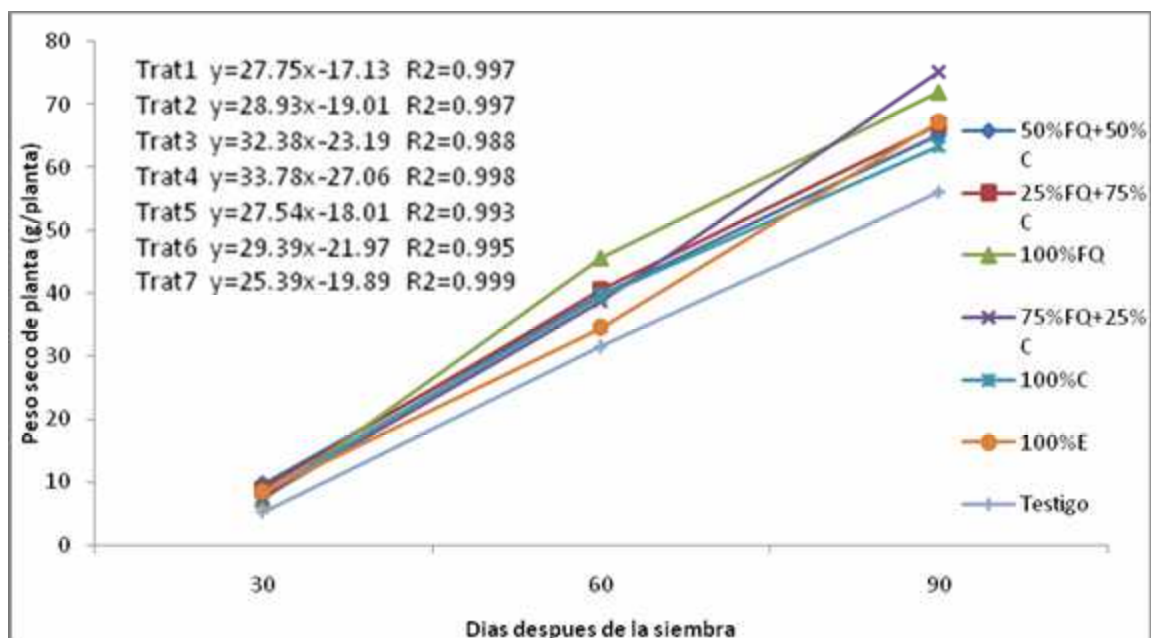


Figura 4.5. Peso seco de la planta da sorgo en el ciclo 2005 con diferentes tratamientos de composta sola, combinada con fertilización química y estiércol solo.

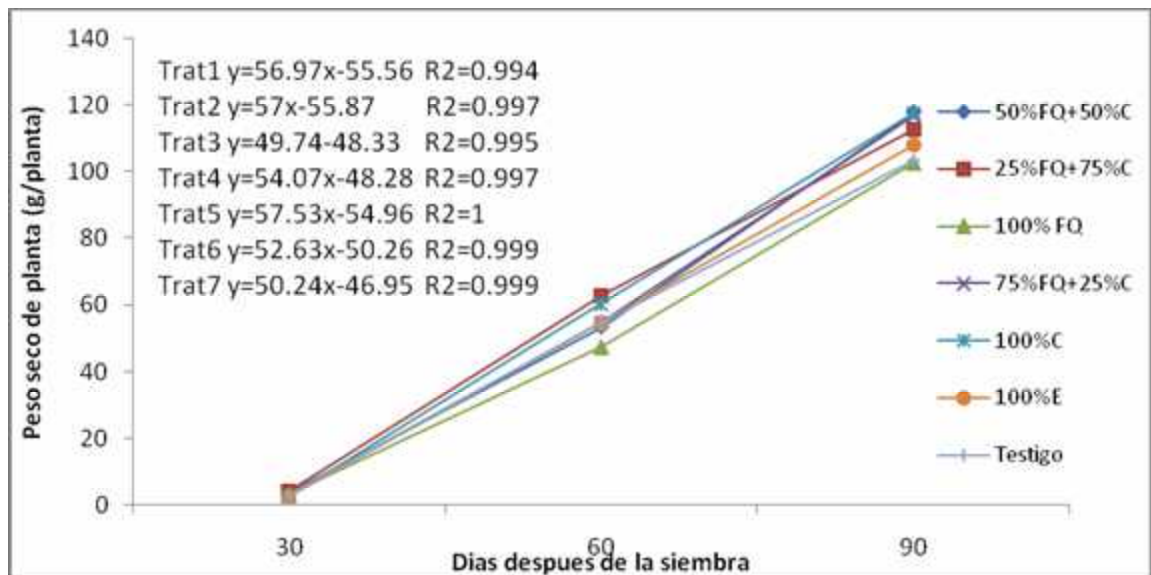


Figura 4.6. Peso seco de la planta de sorgo en el ciclo 2006 con diferentes tratamientos de composta sola, combinada con fertilización química y estiércol solo.

Correlación SPAD 502-nitrógeno

En las Figuras 4.7 y 4.9 para el ciclo 2005 y Figuras 4.8 y 4.10 para el ciclo 2006 se observa que hay baja relación entre el Nitrógeno extraído de las hojas y el % de clorofila en las hojas (lecturas SPAD). En ambas fechas de muestreo se tiene un comportamiento similar con una baja correlación entre el contenido de Nitrógeno y las lecturas del SPAD-502, se observó, que cuando había un color más oscuro en las hojas (valores más altos de SPAD) podría implicar mayores contenidos de Nitrógeno en las mismas. Sin embargo, parece ser que en el presente estudio no fue así.

La fundamentación del método se basa en las estrechas relaciones que existen entre las lecturas de índice de verdor (IV) y el contenido de clorofila y, entre ambos y la concentración de N en la hoja (Schepers *et al.*, 1992). Esto se debe a que la cantidad de clorofila está influenciada por la disponibilidad de nutrientes (Finnan *et al.*, 1997), encontrándose que hasta un 75% del N reducido en la hoja está dentro de los cloroplastos y las proteínas solubles, asociadas a la fotosíntesis (Grindlay, 1997).

El contenido de clorofila y la absorción de nitrógeno se han correlacionado con las unidades SPAD en diversas condiciones ambientales como la intensidad luminosa, temperatura, humedad relativa, plagas, densidad de población, fuente de nitrógeno, etc. (Hiderman *et al.*, 1992; Piekielek y Fox, 1992).

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).

De acuerdo a lo anterior hay bajo contenido de clorofila ya que la disponibilidad de nitrógeno fue muy pobre, así lo demuestran los análisis de suelo que se realizaron en los ciclos 2005 y 2006 (ver cuadros 4.1, 4.2 y 4.3).

Lo anterior se ve soportado por los coeficientes de regresión negativa a los 30 y 60 dds para ambos ciclos, ya que al haber poca disponibilidad de nitrógeno asimilable en el suelo se refleja en un % reducido de clorofila (ver figuras 4.7, 4.8, 4.9 y 4.10).

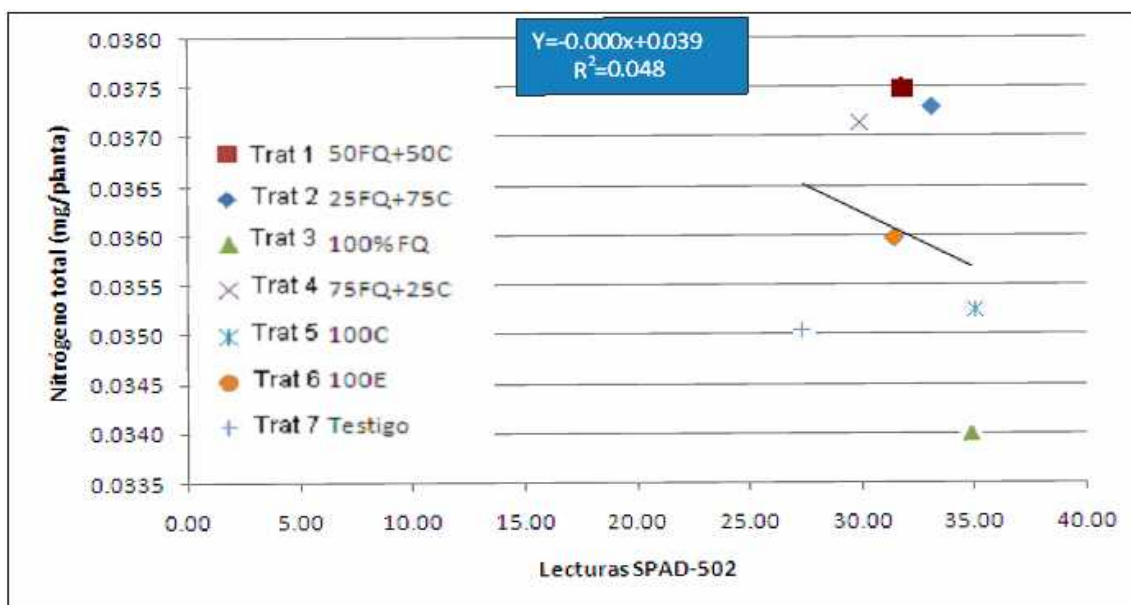


Figura 4.7. Relación SPAD-502 y nitrógeno a los 30 dds en el ciclo 2005.

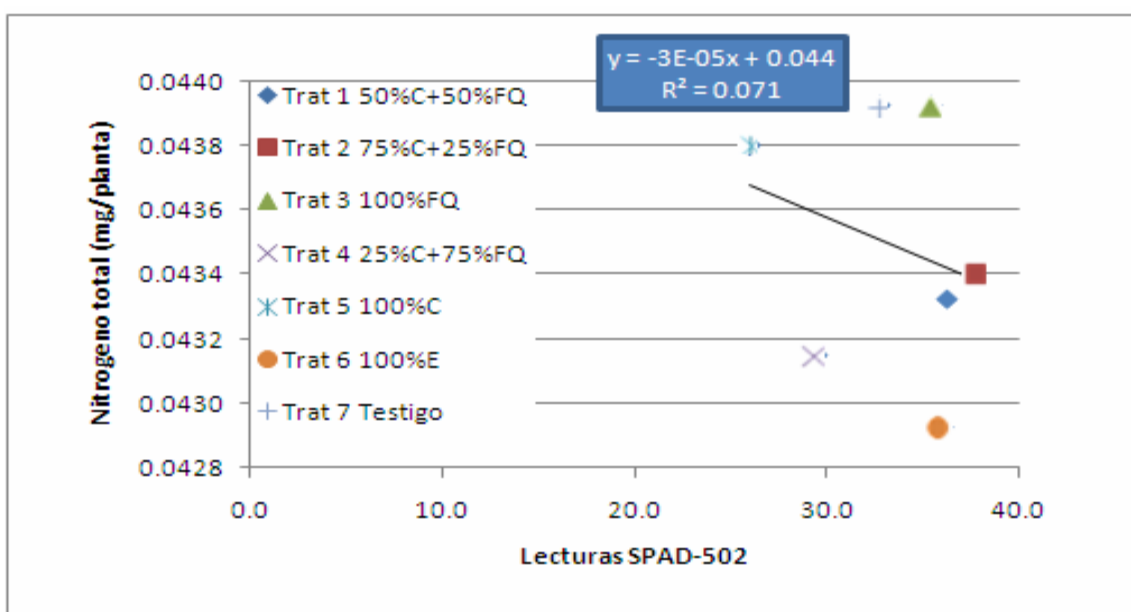


Figura 4.8. Relación SPAD-502 y nitrógeno a los 30 dds en el ciclo 2006.

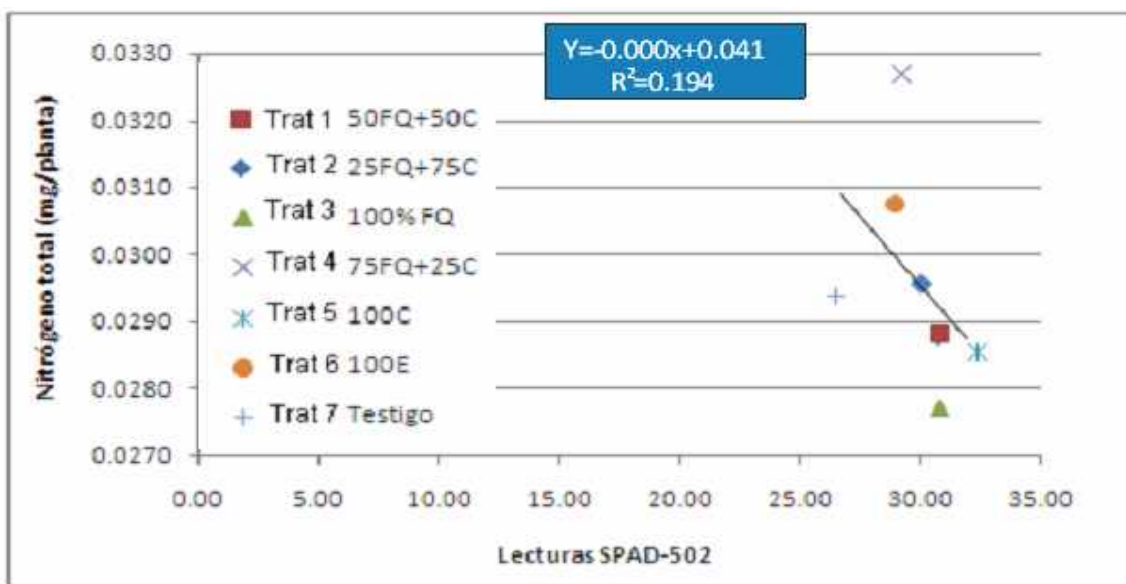


Figura 4.9. Relación SPAD-502 y nitrógeno a los 60 dds en el ciclo 2005.

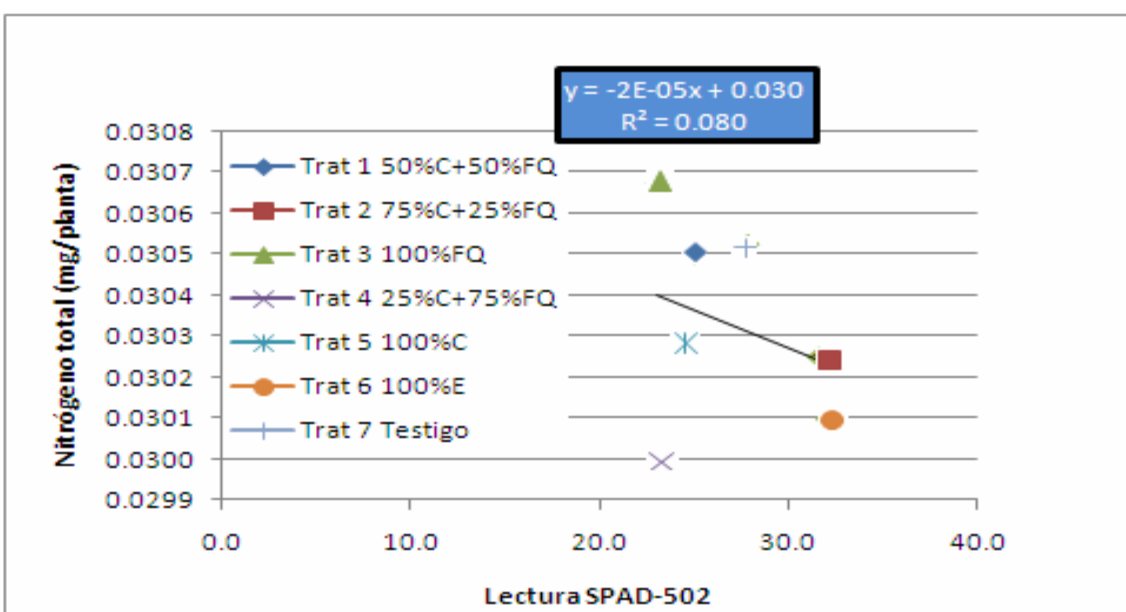


Figura 4.10. Relación SPAD-502 y nitrógeno a los 60 dds en el ciclo 2006.

Tasa relativa de crecimiento

En las figuras 4.11 y 4.12 se puede apreciar las diferentes líneas de regresión para los diferentes tipos de tratamientos.

En el muestreo a los 60 dds la tasa relativa de crecimiento (TRC) es alta, pero esta eficiencia disminuye a través del tiempo. Lo que coincide con lo reportado por Hernández (1998) en otro cultivo, cilantro donde la TRC es alta en las primeras evaluaciones, disminuyendo conforme pasa el tiempo, dichos resultados no coinciden con los resultados de TRC para el cultivo de haba reportados por Solórzano *et al.* (1982), quienes indican que la TCR no cambia a través del tiempo. Lo que indica una respuesta diferente entre cultivos.

Si bien 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, es posible que esta disminuye a través del tiempo a medida que el cultivo cambia de etapa fenológica, debido a que la energía se divide para completar todo el desarrollo de la planta.

Es posible que para un mejor entendimiento de los parámetros de crecimiento se deba de incluir un mayor número de muestreos. En términos generales, la respuesta de la TRC fue similar entre tratamientos en el ciclo 2006. En el ciclo 2005 solo hubo diferencia significativa entre tratamientos a los 60 dds. Al analizar ambos ciclos del cultivo de sorgo se puede observar que la mayor ganancia de biomasa en g/g/día tendería a ser superior hasta los 60 dds

con respecto a los 90 dds. Haciendo inferencia en el ciclo vegetativo del cultivo seria de esperarse obtener mayor asimilación de biomasa desde la etapa de plántula hasta la aparición del espigamiento ya que se considera que a partir de esa etapa es posible que la planta presente una tendencia al engrosamiento.

Cuadro 4.10. Comparación de medias de la tasa relativa de crecimiento en sorgo en el ciclo 2005 con diferentes dosis de composta sola, combinada con fertilización química y estiércol solo.

Tratamientos	Tasa relativa de crecimiento 60 dds g/g*dia	Tasa relativa de crecimiento 90 dds g/g*dia
50FQ+50C	0.19 b	0.076
25FQ+75C	0.21 ab	0.071
FQ100	0.27 a	0.067
75FQ+25C	0.23 ab	0.094
100C	0.22 ab	0.067
100E	0.20 b	0.095
Testigo	0.25 ab	0.082
DMS (0.05)	0.06	0.036 NS

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

Cuadro 4.11. Comparación de medias de la tasa relativa de crecimiento en sorgo en el ciclo 2006 con diferentes dosis de composta sola, combinada con fertilización química y estiércol solo.

Tratamientos	Tasa relativa de crecimiento 60 dds g/g*dia	Tasa relativa de crecimiento 90 dds g/g*dia
50FQ+50C	0.088129	0.26194
25FQ+75C	0.090321	0.019168
100% FQ	0.090462	0.024905
75FQ+25C	0.099064	0.025179
100C	0.105447	0.022813
100E	0.100875	0.022971
Testigo	0.099493	0.021482
DMS (0.05)	0.0129 NS	0.0108 NS

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

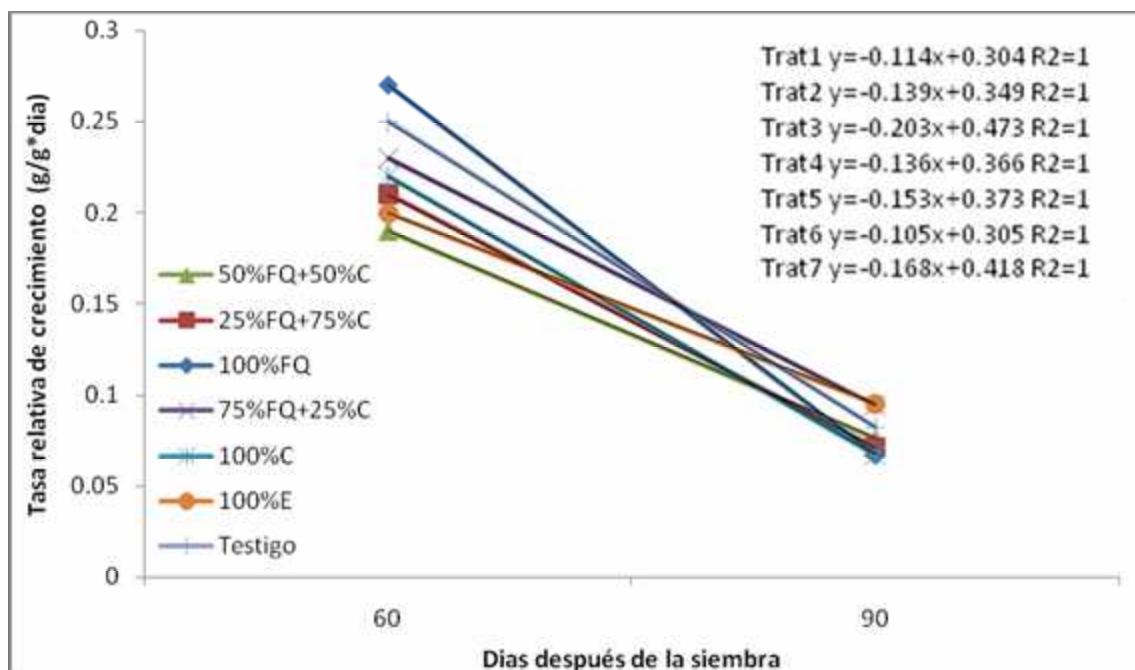


Figura 4.11. Tasa relativa de crecimiento de la planta de sorgo en el ciclo 2005 con diferentes tratamientos de composta sola, combinada con fertilización química y estiércol solo.

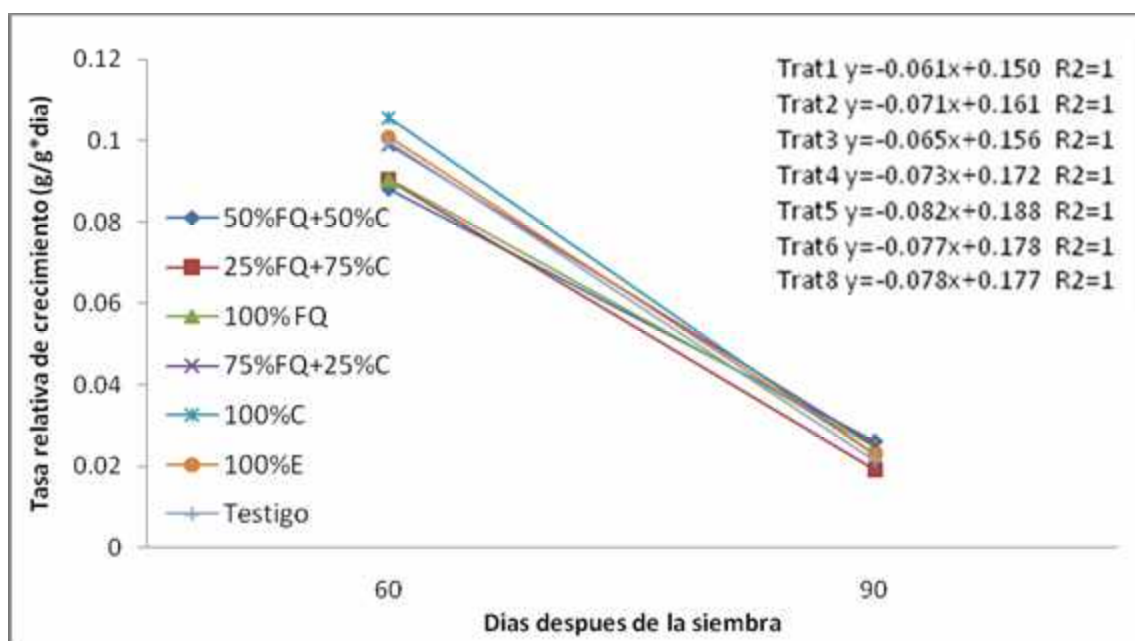


Figura 4.12. Tasa relativa de crecimiento de la planta de sorgo en el ciclo 2006 con diferentes tratamientos de composta sola, combinada con fertilización química y estiércol solo.

Tasa de asimilación neta

En el ciclo 2005 (Cuadro 4.12) solo presenta diferencia significativa entre tratamientos a los 60 dds. En dicho muestreo el testigo fue superior al resto de los tratamientos excepto el tratamiento 100% FQ .

Mientras tanto el ciclo 2006 (Cuadro 4.13), no presentaron diferencias significativas en ninguno de los muestreos realizados. Sin embargo, la TAN fue en el 2006 superior que en el ciclo 2005 en ambos muestreos.

La tasa de asimilación neta (TAN) como lo indica la fórmula 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.

Esta variable sigue el mismo patrón que la regresión anterior, ya que la tasa de asimilación neta disminuye conforme avanza el cultivo en su ciclo vegetativo, y esta se ve reducida considerablemente después de los 60 dds.

La tasa de área foliar por planta o por cultivo en cualquier instante de tiempo es definido como el incremento de material de planta por unidad de material asimilatorio por unidad de tiempo. El termino tasa de asimilación neta es continuamente utilizado intercambiabilmente con tasas de área foliar pero el último es el preferido. Ambos miden la ganancia en peso seco de la planta por

unidad de área foliar y difiere de la tasa fotosintética la ganancia neta de carbono solo durante el periodo de luz.

Cuadro 4.12. Comparación de medias de tasa de asimilación neta en sorgo en el ciclo 2005 con diferentes tratamientos de composta sola, combinada con fertilización química y estiércol solo

Tratamientos	Tasa de asimilación neta 60 dds g/cm ² *dia	Tasa de asimilación neta 90 dds g/cm ² *dia
50FQ+50C	0.00008 c	0.000026
25FQ+75C	0.00009 c	0.000023
FQ100	0.00013 ab	0.000021
75FQ+25C	0.00010 bc	0.000028
100C	0.00010 bc	0.000021
100E	0.00009 c	0.000032
Testigo	0.00014 a	0.000030
DMS (0.05)	317 E-7	142 E-7 NS

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

Cuadro 4.13. Comparación de medias de tasa de asimilación neta en sorgo en el ciclo 2006 con diferentes tratamientos de composta sola, combinada con fertilización química y estiércol solo

Tratamientos	Tasa de asimilación neta 60 dds g/cm ² *dia	Tasa de asimilación neta 90 dds g/cm ² *dia
50FQ+50C	0.00129	0.00088
25FQ+75C	0.00123	0.00054
FQ100	0.00105	0.00063
75FQ+25C	0.00123	0.00064
100C	0.00151	0.00066
100E	0.00134	0.00056
Testigo	0.00129	0.00056
DMS (0.05)	0.0004 NS	0.0003 NS

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

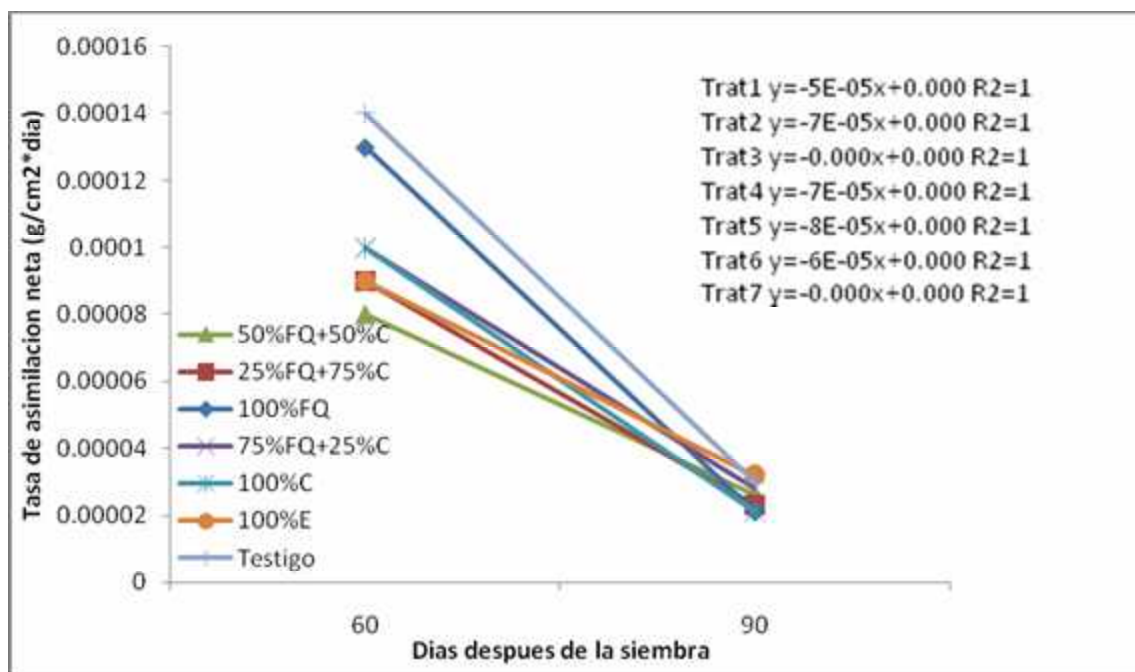


Figura 4.13. Comparación de medias de tasa de asimilación neta en sorgo en el ciclo 2005 con diferentes tratamientos de composta sola, combinada con fertilización química y estiércol solo

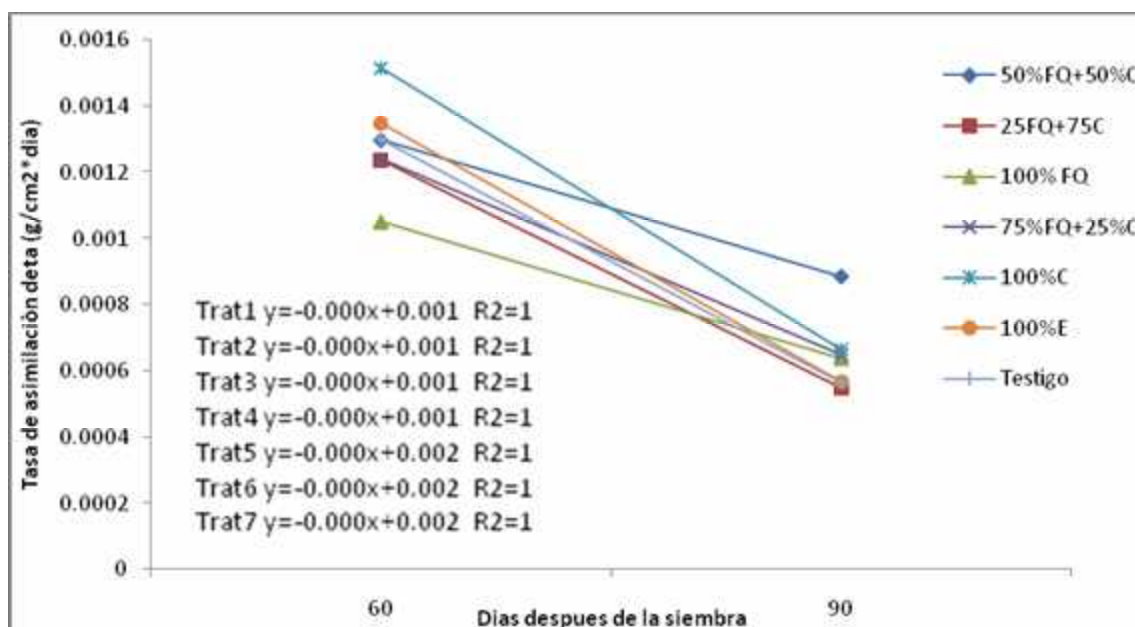


Figura 4.14. Comparación de medias de tasa de asimilación neta en sorgo el ciclo 2006 con diferentes tratamientos de composta sola, combinada con fertilización química y estiércol solo

Rendimiento de forraje

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

Para el rendimiento de forraje verde en el ciclo 2005 (Cuadro 4.14) los tratamientos 100%FQ, 100%E y 75%FQ+25%C fueron los que presentaron mayor potencial (Figura 4.15) ya que los tres tratamientos sobrepasaron la producción de 70 ton/ha. Mientras que en el ciclo 2006 (Cuadro 4.15), los tratamientos 50%FQ+50%C y 25%FQ+75%C fueron los que mayor producción reportaron (Figura 4.16). Sin embargo, todos los tratamientos fueron estadísticamente superiores al testigo, excepto el 100%FQ que fue similar.

En cuanto al rendimiento en forraje seco en el ciclo 2005 el tratamiento más sobresaliente 75%FQ+25%C registró 25.04 ton/ha seguido del 100%FQ. Es de destacarse que el tratamiento testigo registró significativamente los menores valores del forraje seco con 18.68 ton/ha.

En el ciclo 2006 el tratamiento 25%FQ+75%C fue el mas sobresaliente registrando un valor de 16.6 ton/ha, al igual que el tratamiento 50%FQ+50%C. Al igual que en el ciclo 2005 el testigo registro el valor mas bajo. Siendo para este año de 11.36 ton/ha.

Se observó que los tratamientos que mejor rendimiento de forraje seco reportan en el ciclo 2005, son a base de fertilización química. Mientras que en el ciclo 2006, los mejores tratamientos en rendimiento de forraje seco fueron a

base de composta, tal vez porque el ciclo 2006 de sorgo fue el último de los cultivos establecidos. Lo que indica que hubo necesidad de incorporar composta a través del tiempo para poder así influir el efecto de composta sobre el cultivo. Otra posible explicación que tenga un efecto de composta en la expresión del tratamiento de forraje seco es que la liberación de nutrimentos sea más lenta que la utilización de fertilizantes químicos que aparentemente ejercieron mejor acción en el primer ciclo del cultivo.

Cuadro 4.14. Comparación de medias de Rendimiento de forraje verde y seco en sorgo en el ciclo 2005 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
50FQ+50C	67.82 bc	21.73 bc
25FQ+75C	69.58 bc	22.29 bc
FQ100	74.83 ab	23.97 ab
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).

Cuadro 4.15. Comparación de medias de Rendimiento de forraje verde y seco en sorgo en el ciclo 2006 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
50FQ+50C	50.78 a	16.04 b
25FQ+75C	51.65 a	16.60 a
FQ100	42.41 b	14.12 c
75FQ+25C	47.25 a	16.20 a
100C	48.44 a	13.66 c
100E	48.31 a	14.18 bc
Testigo	38.89 b	11.36 d
DMS (0.05)	4.52	2.03

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

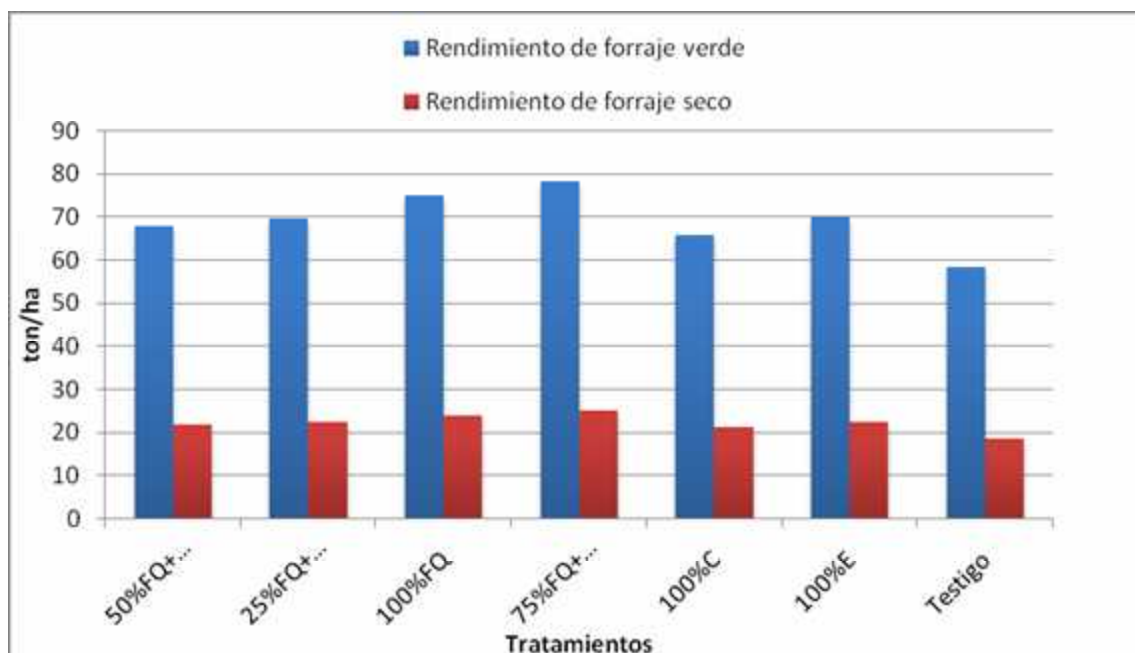


Figura 4.15. Rendimiento de forraje verde y seco en el ciclo 2005 con diferentes tratamientos de composta sola, combinada con fertilización química y estiércol solo.

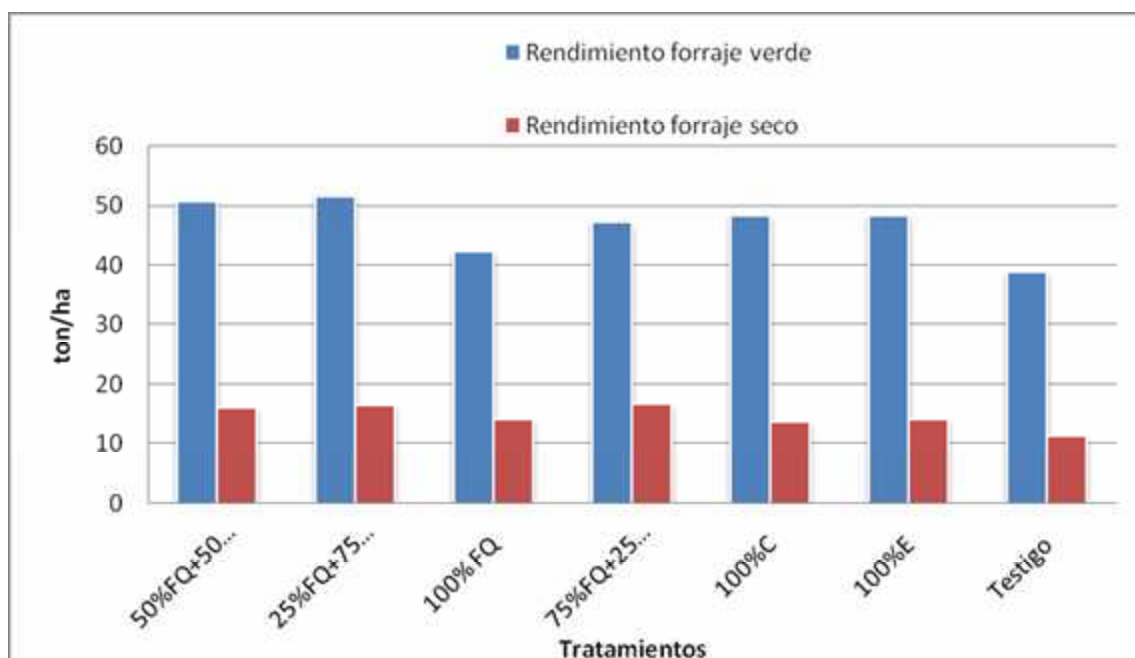


Figura 4.16. Rendimiento de forraje verde y seco en el ciclo 2006 con diferentes tratamientos de composta sola, combinada con fertilización química y estiércol solo

CONCLUSIONES

En base en los resultados obtenidos y 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 ambos ciclos, los tratamientos combinados a base de composta y fertilizante sintético; 50%FQ+50%C, 75%C+25%FQ, 75%FQ+25%C cumplen con las condiciones para designarse como dosis óptimas preliminares para la producción de forraje verde y seco. Cabe señalar que en el primer ciclo 2005 el tratamiento de 100% FQ mostró el mayor rendimiento de forraje verde y también uno de los mayores rendimientos de forraje seco.

RESUMEN

Los fertilizantes químicos y abonos orgánicos no pueden contribuir de manera efectiva a la producción si no se encuentran todos los factores bien equilibrados para el buen desarrollo del cultivo.

Uno de los abonos orgánicos que ha sido más estudiado en los últimos años, es la composta. Se ha comprobado que mejora una gran cantidad de características del suelo como la fertilidad, la capacidad de almacenamiento de agua, la mineralización del Nitrógeno, el Fósforo y Potasio, mantiene valores de pH óptimos para el suelo, evita cambios extremos en la temperatura, fomenta la actividad microbiana y controla la erosión. Los efectos mencionados permiten mejorar los suelos agrícolas, incluyendo los suelos de zonas áridas y semiáridas, que en general presentan pobreza de fertilidad, materia orgánica, nutrimentos, capacidad de retención de agua y pH alto.

Por lo anterior, el presente trabajo tiene como objetivo determinar la dosis óptima de composta sola o combinada con porcentajes de fertilización inorgánica o de estiércol bovino, para la posible sustitución de la fertilización química en la producción de sorgo forrajero en la región lagunera y reducir los costos de producción.

Para la realización del presente trabajo de investigación se utilizó el híbrido de sorgo denominado “Fame” procedente de Texas, EUA.

El diseño de campo utilizado fue bloques al azar con 7 tratamientos y 4 repeticiones que se estableció en el rancho “Ampuero” situado a las orillas de

Torreón, Coahuila. El trabajo se llevó a cabo del 23 de Agosto del 2005 al 7 de Noviembre del 2006. Mediante siembra directa, bajo riego por cintilla.

Algunas de las variables evaluadas fueron: Altura de planta, Área foliar, Peso seco de planta, Rendimiento de forraje verde y seco. Las cuales se analizaron con el paquete computacional *Statistical Analysis System* (SAS), en el cual se obtuvieron las medias y los análisis de varianza.

Dentro de las variables más importantes tenemos el rendimiento de forraje verde y seco, registrando los siguientes resultados. En el ciclo 2005 los tratamientos 100%FQ, 100%E y 25%FQ+75%C fueron los que presentaron mayor potencial para rendimiento de forraje verde, mientras que en el ciclo 2006 los tratamientos mas sobresalientes fueron 50%FQ+50%C y 25%FQ+75%C superando al testigo en ambos ciclos.

En el caso del rendimiento de forraje seco en el ciclo 2005, el tratamiento que mejor comportamiento presento fue el de 75%FQ+25%C registrando 25.04 ton/ha seguido del tratamiento 100%FQ. Mientras que en el 2006 el tratamiento 25%FQ+75%C fue el mas sobresaliente registrando un valor de 16.6 ton/ha. Al igual que en el 2005 el testigo fue el que menor rendimiento de forraje registro en comparación con demás tratamientos.

LITERATURA CITADA

- Abdel M. H. M., Sabrah E. A. R., El Nadi A.R.H., Abdel-Aal SI., Rabie RK 1994. Kinetics of biodegradation rates of chicken manure and municipal refuse in a sandy soil. *J. Arid Environments* 28: 163-171.
- 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. 64p.
- Badillo, J. E., 1973. Cultivos de huerta. 1ª Edición Editorial Serraltima y Urpi, S.L., Barcelona España.
- Bernal, M. P., Navarro A. F., Sánchez-Monedero, Roig A, Cegarra J 1998. Influence of sewage sludge compost stability and maturity on carbon and nitrogen mineralization. *Soil. Biol. Biochem.* 30: 305-313.
- Blackmer, T. M. And J. S. Schepers. 1995. Use of chlorophyll meter to monitor nitrogen status and schedule fertigation for corn. *J. Prod. Agric.* 8 (1): 56 - 60.
- Bremner, L. M. and C. S. Mulvaney. 1982. Total nitrogen. 595-634 pp. In: *Methods of soil analysis. Part 2. Chemical and microbiological properties* (Agronomy 9). Page, R. H., Millerand, D. R. Keeney (eds): 2nd edition. ASA, S.S.A. Madison, Wisconsin, USA.
- 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 p.
- Camp, C. R. 1998. Subsurface drip irrigation: A review. *Trans. of the Am. Soc. Agric. Eng.* 41: 1353-1367.
- Castellanos, 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.
- Castelli, F., R. Contillo and F. Miceli. 1996. Non destructive determination of leaf chlorophyll content in four crop species. *J. Agron. & Crop Sci.* 177, pp 275 - 283.

- Clark, G. A. and A. G. Smaistra. 1996. Design considerations for vegetable crop drip irrigation systems. *Hort Technology* 6:155-159.
- Dalzell, H. W., A. Biddlestone, K. Gray and K. Thurairajan. 1991. Manejo del suelo, producción y uso del composta en ambientes tropicales y subtropicales. *Boletín Suelos* N°56. FAO. Roma, Italia. 178 p.
- Domínguez V. A., 1997. Tratado de fertilización Ediciones mundiempresa, 3ª edición
- Ebball, B. 2000. Nitrogen mineralization from field-applied beef cattle feedlot manure or compost. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 64: 2024-2030.
- EPA, 1999. Reconocimiento y Manejo de los Envenenamientos por Pesticidas. Quinta edición. Environmental Protection Agency. EEUU. 252 pp.
- FAO, 1991. Manejo del suelo producción y uso de composte en ambientes tropicales. *Boletín de Suelos*. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. 178 pp.
- 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 p.
- Finnan, J. M., J. I. Burke and M. B. Jones. 1997. A note on a non-destructive method of chlorophyll determination in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Irish Journal of Agricultural and Food Research* 36, pp 85 - 89.
- FONAIAP, 1995. Producción de hortalizas. 2ª ed. Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias. Maracay, Venezuela. Serie B. 208 p.
- Fox, R.H., P. Piekielek and K.M. MacNeal. 1994. Using chlorophyll meter to predict nitrogen fertilizer needs of winter wheat. *Comm. Soil Plant Anal.* 25: 171-181.
- Fox, R. H., W. P. Piekielek and K. E. Macneal. 2001. Comparison of late – season diagnostic tests for predicting nitrogen status of corn. *Agron. J.* 93: 590 - 597.
- Gliessman, S. R. 1997. Agroecology: ecological processes in sustainable agriculture. Sleeping Bear Press. 351 pp.
- Grindlay, D. J. C. 1997. Towards an explanation of crop nitrogen demand based on the optimization of leaf nitrogen per unit leaf area. *Journal of Agricultural Science* 128, pp 377 - 396. Cambridge

- Gómez, L. 1995; ECOPOL, 1999; Gómez, 2000. Elaboración de abonos orgánicos con bajos insumos en las condiciones del productor rural. Memoria del primer seminario de investigación científica y tecnológica sobre el istmo de los estados de Veracruz, Chiapas, Tabasco y Oaxaca.
- Guzmán, E. C. y Mojaras, A. F. 1982. La materia orgánica en el suelo. SARH. INIA. SIAPAC. Campo Experimental Costa de Jalisco. 201 p.
- Heeb, A., Lundegårdh, B.; Ericsson, T.; Savage, G. P. 2005. Effects of nitrate-, ammonium-, and organic-nitrogen-based fertilizers on growth and yield of tomatoes. *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 168: 123-129.
- Hiderman, J., A. Makino, and Kurita., T. Masa and K. Ojima. 1992. Changes in the levels of chlorophyll and light-harvesting chlorophyll a/b protein of PS II in senescence. *Plant Cell Physiol.* 53: 1209-1214.
- Ignatieff, V. 1969. Uso eficaz de los fertilizantes. Ediciones corregidas y aumentadas, 2ª edición
- Lohry, R. D. y J. S. Schepers. 1988. Chlorophyll leaf nitrogen and yield relationships of irrigated corn in Nebraska. 241 p. In: *Agronomy Abstracts*. America Society of Agronomy. Madison, WI.
- Minna, ML., Jorgensen K. S. 1996. Straw Compost and Bioremediated Soil as Inocula for the Bioremediation of Chlorophenol-Contaminated Soil. *Appl. Environmental Microbiol.* 62: 1507-1513.
- Murdock, L., S. Jones., C. Bowley., P. Needham., J. James and P. Howe. 1997. Using a chlorophyll meter to make nitrogen recommendations on wheat. *Coop. Ext. Serv., University of Kentucky.*
- Noriega, A. G. 2002. Producción de abonos orgánicos y lombricultura. Fundación produce Chiapas. UACH. Chiapas, México. P. 1,2,11,19,20,23.
- 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. and B.J.E. Cantú. 2000. Producción, composición química y digestibilidad del forraje de sorgo × sudán de nervadura café en la Región Norte de México. *Técnica Pecuaria en México.* 38: 177-187.
- Pansu M, S., Z, Bottner P. 1998. Modelling of soil nitrogen forms after organic amendments under controlled conditions. *Soil Biol. Biochem.* 30: 19-29.

- Peltonen, J., A. Virtanen and E. Haggren. 1995. Using a chlorophyll meter to optimize nitrogen fertilizer application for intensively-managed small-grain cereals. *J. Agron. & Crop Sci.* 174, pp 309 – 318.
- Piekielek, W.P. and R.H. Fox. 1992. Use of a chlorophyll meter to predict nitrogen requirements for maize. *Agron. J.* 84: 59-65.
- Piekielek, W. P., R. H. Fox., J. D. Toth and K. E. Macneal. 1995. Use of a chlorophyll meter at the early dent stage of corn to evaluate nitrogen sufficiency. *Agron. J.* 87, pp 403 - 408.
- Robledo, O. R. 2005. Efecto de la aplicación de composta de estiércol sobre el rendimiento de forraje de triticale (X *Triticosecale wittmack*) en la Región Lagunera. Tesis de Licenciatura. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- Romero, L. M. R. 1997. Abonos Orgánicos y Minerales en la Sustentabilidad Agrícola. En. II Congreso Nacional Agropecuario y Forestal. U. A. CH. México pp. 106
- Rueda, P. I. 1991. La industria de los fertilizantes en México. Ediciones al cuidado de presentación pinero, 1ª Edición
- Ruiz, F. J. 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.* 149 pp.
- Ruiz, F. J. F. 1996. Los fertilizantes y la fertilización orgánica bajo la óptica de un sistema de producción orgánico. Primer Foro Nacional Sobre Agricultura Orgánica. Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco. CONARAO. SAGAR. México.
- Sachdchina, T. M. and V. V. Dimitrieva. 1995. Leaf chlorophyll content as a possible diagnostic mean for the evaluation of plant nitrogen uptake from the soil. *Plant Nutr.* 18: 1427-1437.
- Schepers, J., T. Blackmer and D. Francis. 1992. Predicting N fertilizer needs for corn in humid regions: Using chlorophyll meters. In B. Bock y K. Kelly (ed). *Predicting fertilizer needs for corn in humid regions.* NFERC, Bull. Y-226. Muscle Shoals, AL, EE.UU. pp. 105 - 114.

- Estrada, R. A. y H. E. Echeverría. 1998. Comparación del contenido de clorofila en cultivares de trigo pan. IV Congreso Nacional de Trigo - II Simposio Nacional de Cereales de Siembra Otoño – Invernal. Mar del Plata, Buenos Aires. Sección: 3 - 50.
- Trápaga y Torres F. 1994. El mercado internacional de la agricultura orgánica. UNAM, IIES, Fac. Economía, DGPADA, JP. 221 pp
- Trueba, C. S. 1996. Fertilizantes Orgánicos y Compostas. En Memorias Agricultura Orgánica: Una Opción Sustentable para el Agro Mexicano. UACH. Texcoco, México. 163 pp.
- Valdtighi, M. M., Pera, A., Agnolucci M., Frassinetti, S., Lunardi, D., Vallini D. 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., Fricke, K. 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.
- Waskom, R. M. 1996. A review of use of chlorophyll meters to assess crop N status in the Great Plains. *Proceedings Great Plains Soil Fertility Conference*. J. Havlin (ed.). Kansas State University, Manhattan, KS, EEUU. pp. 36 - 43.
- Wood, C. W., D. W. Reeves., R. R. Duffield and K. L. Edmisten. 1992. Field chlorophyll measurements for corn nitrogen status. *J. Plant Nutr.* 15:487-500
- Wood, C. W., P. W. Tracy., D. W. Reeves and K. L. Edmisten. 1993. Determination of cotton nitrogen status with a hand held chlorophyll meter. *Journal of Plant Nutrition* 15(9): 1435-1448

Páginas de internet

<http://www.ciesas-golfo.edu.mx/istmo/docs/ponencias/elaboracion01.htm>

http://www.scielo.org.ve/scielo.php?pid=S0378-18442002000800006&script=sci_arttext&tlng=es

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

APÉNDICE

Cuadro 1. Análisis de varianza (Cuadrados Medios) de algunas variables agronómicas en sorgo en el ciclo 2005 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 1.

FV	GL	Tasa relativa de crecimiento1	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 1.

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 1.

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 2. Comparación de medias de algunas variables agronómicas en sorgo en el ciclo 2005 con diferentes dosis de composta sola, combinada con fertilización química y estiércol solo.

Tratamientos	Tasa relativa de crecimiento 60 dds g/g/dia	Tasa relativa de crecimiento 90 dds g/g/dia	Tasa de asimilación neta 60 dds g/cm ² /dia	Tasa de asimilación neta 90 dds g/cm ² /dia	Tasa relativa de crecimiento foliar 60 dds cm ² /cm ² /dia	Tasa relativa de crecimiento foliar 90 dds cm ² /cm ² /dia	Relación de área foliar 60 dds cm ² /g
50FQ+50C	0.19 b	0.076	0.00008 c	0.000026	0.090 c	-0.017 ab	126.94 b
25FQ+75C	0.21 ab	0.071	0.00009 c	0.000023	0.126 abc	-0.021 b	122.68 b
FQ100	0.27 a	0.067	0.00013 ab	0.000021	0.151 a	-0.015 ab	124.42 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 si, DMS (0.05).

----- Continuación del Cuadro 2.

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
50FQ+50C	61.48 ab	3.74 a	2.88 bc	2.53 ab	31.88 ab	30.72
25FQ+75C	64.21 ab	3.73 a	2.95 bc	2.35 abc	33.15 ab	30.02
FQ100	58.01 b	3.39 b	2.76 c	2.32 bc	34.82 a	30.87
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 si, DMS (0.05).

Cuadro 3. Análisis de varianza (Cuadrados Medios) de algunas variables agronómicas en sorgo en el ciclo 2006 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	2.44 NS	1.72 NS	1.37 NS	3.23 *	1.02 NS	0.43 NS
Bloques	3	2.02 NS	0.48 NS	0.19 NS	2.84 NS	0.85 NS	1.57 NS
Error Exp.	18	12929.67	139294.02	279635.19	0.57219	96.2590	406.912
CV %		23.52039	12.44512	18.44844	23.88655	17.71832	18.13618

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

----- Continuación del Cuadro 3

FV.	GL	Tasa Relativa de Crecimiento 60 dds	Tasa Relativa de Crecimiento 90 dds	Tasa de Asimilación Neta 60 dds	Tasa de Asimilación Neta 90 dds	Tasa Relativa de Crecimiento Foliar 60 dds	Tasa Relativa de Crecimiento Foliar 90 dds
Tratamiento	6	2.31 NS	0.45 NS	1.21 NS	1.12 NS	1.58 NS	0.43 NS
Bloques	3	0.75 NS	1.02 NS	0.83 NS	1.95 NS	1.17 NS	0.01 NS
Error exp.	18	0.000074	0.000052	6.367	4.7551	0.000092	0.000065
CV. %		8.990130	31.18870	19.66599	33.68850	15.58722	451.1998

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

----- Continuación del Cuadro 3

FV.	GL	Relación Área Foliar 60 dds	Relación Área Foliar 90 dds	Altura de Planta 30 dds	Altura de Planta 60 dds	Altura de Planta 90 dds	Nitrógeno 30 dds
Tratamiento	6	1.84 NS	1.2 NS	2.06 NS	5.46 **	3.54 *	0.64 NS
Bloques	3	2.19 NS	0.93 NS	1.72 NS	10.38 **	2.55 NS	15.94 **
Error exp.	18	82100.75	191.863	48.585	50.20087	82.4156	0.00977
CV. %		27.76738	26.015503	12.05268	3.600951	4.435397	2.273076

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

----- Continuación del Cuadro 3

FV.	GL	Nitrógeno 60 dds	Clorofila 30 dds	Clorofila 60 dds	Rendimiento Forraje Verde	Rendimiento Forraje Seco
Tratamiento	6	0.31 NS	2.23 NS	0.69 NS	9.06 **	3.23 *
Bloques	3	1.71 NS	1.86 NS	0.66 NS	1.63 NS	1.01 NS
Error exp.	18	0.007571	32.3129	86.4950	9.29169	2.21249
CV. %		2.868705	17.0748	34.77666	6.510327	9.846210

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

Cuadro 4. Comparación de medias de algunas variables agronómicas en sorgo en el ciclo 2006 con diferentes dosis de composta sola, combinada con fertilización química y estiércol solo.

Tratamientos	Peso Seco Planta 30 dds	Peso Seco Planta 60 dds	Peso Seco Planta 90 dds	Tasa relativa de crecimiento 60 dds g/g*día	Tasa relativa de crecimiento 90 dds g/g*día	Relación de área foliar 60 dds cm ² /g	Relación de área foliar 90 dds cm ² /g
50FQ+50C	3.8363 ab	53.514	117.78	0.088129	0.26194	687.6	44.778
25FQ+75C	4.3238 a	62.806	112.47	0.090321	0.019168	835.3	47.688
100% FQ	3.2475 abc	47.480	102.74	0.090462	0.024905	1070.6	56.626
75FQ+25C	2.8200 bc	54.748	116.82	0.099064	0.025179	1158.7	58.814
100C	2.5125 c	60.246	117.59	0.105447	0.022813	1211.6	46.811
100E	2.6200 c	54.500	107.89	0.100875	0.022971	1121.8	63.422
Testigo	2.8075 bc	54.518	103.30	0.099493	0.021482	1137.6	51.570
DMS (0.05)	1.1237	14.575	29.967	0.0129	0.0108	425.67	20.577

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

----- Continuación del Cuadro 4

Tratamientos	Altura de Planta 30 dds	Altura de Planta 60 dds	Altura de Planta 90 dds	Nitrógeno 30 dds	Nitrógeno 60 dds	Rendimiento Forraje Verde	Rendimiento Forraje Seco
50FQ+50C	64.500	182.650 d	209.125 ab	4.3325	2.050	50.78 a	16.04 b
25FQ+75C	64.625	206.125 a	221.000 a	4.3400	3.025	51.65 a	16.60 a
100% FQ	56.175	195.675 bc	203.750 b	4.3925	3.067	42.41 b	14.12 c
75FQ+25C	53.975	195.750 bc	796.625 b	4.3150	3.000	47.25 a	16.70 a
100C	53.125	207.000 a	204.250 b	4.3800	3.027	48.44 a	13.66 c
100E	52.750	197.500 abc	195.750 b	4.2925	3.010	48.31 a	14.18 bc
Testigo	58.875	192.650 cd	202.250 b	4.3925	3.052	38.89 b	11.36 d
DMS (0.05)	10.355 NS	10.526	13.487	0.1469	0.1293	4.52	2.20

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