



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCION DE ENSEÑANZA E INVESTIGACION EN CIENCIAS AGRICOLAS

CAMPUS PUEBLA

POSTGRADO EN ESTRATEGIAS PARA EL DESARROLLO AGRÍCOLA REGIONAL

**EFFECTO DE LA APLICACIÓN DE COMPOST DE CACHAZA Y
FERTILIZANTE QUÍMICO EN SUELOS CALCÁREOS EN LA
CORRECCIÓN DE CLOROSIS FÉRRICA Y RENDIMIENTO DE SORGO**

GRACIANO CORTEZ HERNÁNDEZ

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS

PUEBLA. PUEBLA
2010



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS
CAMPECHE-CÓRDOBA-MONTECILLO-PUEBLA-SAN LUIS POTOSÍ-TABASCO-VERACRUZ

CAMPUE- 43-2-03 ANEXO

CARTA DE CONSENTIMIENTO DE USO DE LOS DERECHOS DE AUTOR Y DE LAS REGALÍAS COMERCIALES DE PRODUCTOS DE INVESTIGACIÓN

En adición al beneficio ético, moral y académico que he obtenido durante mis estudios en el Colegio de Postgraduados, el que suscribe **Graciano Cortez Hernández** alumno de esta Institución, estoy de acuerdo en ser partícipe de las regalías económicas y/o académicas, de procedencia nacional e internacional, que se deriven del trabajo de investigación que realicé en esta Institución, bajo la dirección del Profesor **Dr. Engelberto Sandoval Castro** por lo que otorgo los derechos de autor de mi tesis **Efecto de la aplicación de compost de cachaza y fertilizante químico en suelos calcáreos en la corrección de clorosis férrica y rendimiento de sorgo** y de los productos de dicha investigación al Colegio de Postgraduados. Las patentes y secretos industriales que se puedan derivar serán registrados a nombre del Colegio de Postgraduados y las regalías económicas que se deriven serán distribuidas entre la Institución, el Consejero o Director de Tesis y el que suscribe, de acuerdo a las negociaciones entre las tres partes, por ello me comprometo a no realizar ninguna acción que dañe el proceso de explotación comercial de dichos productos a favor de esta Institución.

Puebla, Puebla 26 de noviembre de 2010.

Firma

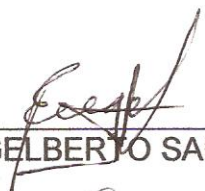
Vo. Bo. Dr. Engelberto Sandoval Castro
Profesor Consejero

La presente tesis titulada **Efecto de la aplicación de compost de cachaza y fertilizante químico en suelos calcáreos en la corrección de clorosis férrica y rendimiento de sorgo**, realizado por el alumno: **Graciano Cortez Hernández**, bajo la dirección del consejo particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS
ESTRATEGIAS PARA EL DESARROLLO AGRÍCOLA REGIONAL

CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO:


DR. ENGELBERTO SANDOVAL CASTRO

ASESOR:


DR. MARIO ALBERTO TORNERO CAMPANTE

ASESOR:


DRA. MA. DE LAS NIEVES RODRÍGUEZ MENDOZA

Puebla, Puebla, México, 10 de diciembre de 2010

EFFECTO DE LA APLICACIÓN DE COMPOST DE CACHAZA Y FERTILIZANTE QUÍMICO EN SUELOS CALCÁREOS EN LA CORRECCIÓN DE CLOROSIS FÉRRICA Y RENDIMIENTO DE SORGO

Graciano Cortez Hernández, MC.

Colegio de Postgraduados, 2010

En la Mixteca Poblana, predominan suelos calcáreos que por su pH alcalino impiden que las plantas puedan absorber los nutrimentos como hierro y zinc, ocasionando la clorosis férrica, afectando los cultivos de esta región, tales como: caña de azúcar, sorgo, maíz, frijol e incluso los árboles frutales, repercutiendo en el desarrollo, rendimiento y en casos severos la muerte de la planta. En esta región está ubicado el ingenio azucarero de Atencingo que genera anualmente 45 mil toneladas de desechos orgánicos (cachaza). El objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de la incorporación de compost de cachaza al suelo en la corrección de clorosis férrica y rendimiento de sorgo. Se incorporó compost de cachaza a razón de cero, cinco y diez t ha⁻¹ en combinación de fertilizantes químicos, usando la fórmula de 110-50-60, en tres dosis de 0, 50% y 100% de la fórmula, resultando nueve tratamientos en parcela chica y en parcela grande aplicación foliar de sulfato ferroso (FeSO₄) en una sola aplicación de 12 kg ha⁻¹. Se usó el cultivo de sorgo (*Sorghum bicolor* L.) como indicador, variedad D65 por ser el segundo en importancia. Los resultados indican que el compost en dosis de 10 t ha⁻¹ reduce la clorosis férrica hasta en un 80% y al aplicar sulfato ferroso se reduce hasta en un 90%. En los tratamientos sin cachaza la clorosis alcanzó un 100% causando la muerte de plantas hasta en un 95%. En rendimiento de grano se destacan los tratamientos con cinco y diez t ha⁻¹ de cachaza (5-50, 5-100, 10-50, 10-100). La cantidad de biomasa también es afectada, a mayor porcentaje de clorosis menor cantidad de biomasa. Se concluye que el compost de cachaza reduce la presencia de clorosis, mejorara las condiciones del suelo por la adición de materia orgánica, habiendo mayor mineralización permitiendo que el sorgo aproveche los nutrimentos requeridos.

Palabras Clave: Dosis de fertilización, compost de cachaza, deficiencia, nutrimentos, fertilización orgánica.

EFFECT THE IMPLEMENTATION OF COMPOST FILTER CAKE AND CHEMICAL FERTILIZERS IN CALCAREOUS SOILS IN CORRECTION IRON CHLOROSIS AND SORGHUM YIELD

Graciano Cortez Hernández

Colegio de Postgraduados, 2010

In the Mixteca Puebla, predominate calcareous soils due to their in alkaline pH can prevent plants absorb nutrients like iron and zinc, causing iron chlorosis, affecting major crops of this region, such as sugar cane, sorghum, maize, beans and even fruit trees, impacting the development, yield and, in severe cases death of the plant; to correct this problem the producer applied iron sulfate via foliar. In this region is located the sugar mill of Atencingo that produces annually 45 000 tons of organic waste (filter cake). The objective of this study was to evaluate the effect of the addition of compost filter cake by soil in correcting iron iron chlorosis and yield of sorghum. He joined rum compost at a rate of zero, five and ten t ha⁻¹ in combination with chemical fertilizers, using the formula of 110-50-60 in three doses of 0, 50% and 100% of the formula , resulting in nine treatments in small plots and large plots foliar application of ferrous sulfate (FeSO₄) in a single application of 12 kg ha⁻¹. The sorghum crop was used (*Sorghum bicolor* L.) as an indicator, D65 range to be the second in importance. The results indicate that the compost at a dose of 10 t ha⁻¹ reduced iron chlorosis up to 80% and by applying ferrous sulfate is reduced by up to 90%. In the treatments without filter cake chlorosis reached 100% causing death the plants by up to 95%. In grain yield highlighting treatments with five, ten, t ha⁻¹ of filter cake (5-50, 5-100, 10-50, 10-100). The amount of biomass is also affected, to higher the percentage of chlorosis the least amount of biomass. We conclude that the filter cake compost reduces the presence of chlorosis, improve soil conditions by adding organic matter, with greater mineralization allowing sorghum profits the nutrients required.

Keywords: Dose of fertilization, compost, filter cake, deficiency, nutrients, organic fertilizer

DEDICATORIA

Al creador del universo Jehová Dios por haberme permitido ampliar mi conocimiento en esa parte de su creación y contribuir con un granito de arena en su preservación y conservación.

A mis padres, Fabián Cortés Hernández y Ventura Hernández Cuevas por su gran amor, interés y por su ejemplo al enfrentar los retos de la vida, enseñándome a enfrentar los desafíos y alcanzar mis metas.

A mi esposa Lili por su amor, comprensión, apoyo y porque siempre a estado a mi lado incondicionalmente.

A mis hermanos, Ma. Elena, Román, Silvestre, Amada, Idalia, Nazaria y Rafael, por el infinito cariño que les tengo.

AGRADECIMIENTOS

Al Colegio de Postgraduados Campus Puebla, por brindarme la oportunidad de realizar mis estudios de postgrado.

Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) Por la beca otorgada, gracias a la cual pude terminar mis estudios.

A la Dirección General de Educación Tecnológica Agropecuaria (DGETA) por darme la oportunidad de superarme.

A mi consejo particular, Dr. Engelberto Sandoval Castro, Dr. Mario Alberto Tornero Campante, Dra. Ma. De Las Nieves Rodríguez Mendoza, Dr. A. Ismael Cuéllar Ayala (finado) por su guía durante el camino hasta llegar a la meta.

Al Ing. Héctor René Becerril Toral, coordinador estatal de la DGETA por darme las facilidades para la conclusión de mis estudios.

Al Antropólogo Julio Cesar del Ángel Rojas Jefe de la Brigada de Educación para el Desarrollo Rural 001. por las facilidades otorgadas que estuvieron a su alcance, por su apoyo en la recolección de datos y por su colaboración en revisión de algunos artículos emanados de esta investigación.

A mis compañeros Ing. Teresa Consuelo Torres Córdova, Mónica Vera Sanguino, Irma González Nava por su apoyo en la recolección y captura de datos que me llevaron a poder terminar este trabajo.

Al Sr. Rodrigo León Cuauhtle, Élfego Ríos Moreno y Galdino Negrete, por haber hecho disponible su parcela y por su valiosa participación con su experiencia.

CONTENIDO

Página

I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1. Importancia del cultivo de sorgo (<i>Sorghum bicolor</i> L) en la región.....	3
2.2. El suelo y su fertilidad.....	4
2.3. Suelos calcáreos.....	4
2.3.1. Características de los suelos calcáreos.....	5
2.3.1.1. Disponibilidad de hierro.....	5
2.3.1.2. Clorosis férrica.....	6
2.3.1.3. Disponibilidad de fósforo.....	6
2.4. Los suelos calcáreos y la importancia de la materia orgánica.....	7
2.4.1. Función del humus en el suelo.....	8
2.4.1.1. Efecto del humus sobre las propiedades físicas.....	9
2.4.1.2. Efecto del humus sobre las propiedades químicas.....	9
2.4.1.3. Efecto del humus sobre las propiedades biológicas.....	10
2.5. La cachaza como abono orgánico.....	10
2.6. Los fertilizantes químicos y el medio ambiente.....	12
2.6.1. Eutrofización.....	13
2.6.2. Acidificación.....	13
III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	15
3.1. Características de la región de estudio.....	15
3.2. Contaminación del suelo.....	15
3.3. Preguntas a responder en el trabajo de tesis.....	17
IV. OBJETIVOS E HIPÓTESIS.....	18
4.1. Objetivo general.....	18
4.1.1. Objetivos específicos.....	18
4.2. Hipótesis general.....	18
4.2.1. Hipótesis específicas.....	18
V. MARCO DE REFERENCIA.....	19
5.1. Localización del área de estudio.....	19
5.1.1 Municipio de Tilapa, Puebla.....	19
5.1.1.1. Localización Geográfica.....	19
5.1.1.2. Orografía.....	19
5.1.2 Municipio de Izúcar de Matamoros, Puebla.....	19
5.1.2.1. Localización Geográfica.....	19
5.1.2.2. Orografía.....	19
5.1.2.3. Características del uso del suelo.....	20
5.1.2.4. Clima.....	22

5.1.2.5. Actividad económica.....	22
VI. MATERIALES Y MÉTODOS.....	24
6.1. Selección del área de estudio.....	24
6.2. Descripción edáfica de la zona de estudio.....	24
6.3. Comunidades seleccionadas.....	25
6.4. Descripción del método.....	25
6.5. Siembra y fertilización.....	27
6.6. Variables de estudio.....	29
6.6.1. Muestreo del suelo y compost.....	29
6.6.2. Altura de planta	29
6.6.3. Porcentaje de clorosis.....	29
6.6.4. Determinación de biomasa.....	30
6.6.5. Cosecha y rendimiento.....	30
VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	32
7.1. Composición química del suelo.....	32
7.2. Composición química del compost de cachaza.....	32
7.3. Porcentaje de germinación.....	33
7.4. Altura de planta del cultivo de sorgo.....	34
7.4.1. Resultados en Agua Dulce, Tilapa.....	34
7.4.2. Resultados de altura del cultivo de sorgo en San Juan Raboso, Izúcar de Matamoros.....	36
7.5. Porcentaje de clorosis en el cultivo de sorgo.....	36
7.5.1. Resultados de porcentaje de clorosis en el cultivo de sorgo Agua Dulce, Tilapa.....	36
7.5.2. Resultado de la variable porcentaje de clorosis en San Juan Raboso, Izúcar de Matamoros.....	39
7.6. Determinación de biomasa de plantas de sorgo.....	40
7.6.1. Longitud, peso fresco y peso seco de planta	40
7.6.1.1. Resultados en Agua Dulce, Tilapa.....	40
7.6.1.2. Resultado de longitud, peso fresco y peso seco en planta de sorgo, en San Juan Raboso, Izúcar de Matamoros.....	42
7.6.2. Longitud, peso fresco y peso seco de raíz del cultivo de sorgo.....	43
7.6.2.1. Resultados en Agua Dulce Tilapa.....	43
7.6.2.2. Resultados de longitud, peso fresco y peso seco de raíz en el cultivo de sorgo, en San Juan Raboso, Izúcar de Matamoros.....	45
7.6.3. Longitud, peso fresco y peso seco de espiga del cultivo de sorgo...	46
7.6.3.1. Resultados en Agua Dulce, Tilapa.....	46
7.6.3.2. Resultados de longitud, peso fresco y peso seco de espiga del sorgo en San Juan Raboso, Izúcar de Matamoros.....	48
7.7. Cosecha y rendimiento del sorgo.....	49
7.7.1. Resultados en Agua Dulce, Tilapa.....	49
7.7.2. Resultados de rendimiento de grano en cultivo de sorgo en San Juan Raboso, Izúcar de Matamoros.....	51

VIII. CONCLUSIONES.....	53
IX. ESTRATEGIA DE UTILIZACIÓN DE CACHAZA EN SUELOS CALCÁREOS..	54
9.1. Contexto.....	54
9.2. Marco legal de la Ley de Desarrollo Rural Sustentable.....	56
9.3. Objetivo.....	58
9.4. Líneas de acción.....	58
9.5. Actores principales en la estrategia y sus funciones.....	60
X. LITERATURA CITADA.....	61
XI. ANEXO.....	69

ÍNDICE DE CUADROS

	Página
Cuadro 1. Compuestos orgánicos en la cachaza.....	11
Cuadro 2. Contenido nutrimental de los residuos sólidos agro-azucareros.....	12
Cuadro 3. Composición química del suelo de San Juan Raboso, Izúcar de Matamoros.....	16
Cuadro 4. Composición química del suelo, de Agua Dulce, Tilapa.....	16
Cuadro 5. Tratamientos evaluados.....	26
Cuadro 6. Composición química y contenido nutrimental de los suelos en los que se establecieron las parcelas experimentales.....	32
Cuadro 7. Composición química y contenido nutrimental del compost de cachaza proveniente del ingenio de Atencingo, Chietla, Puebla.....	33
Cuadro 8. Análisis de varianza y prueba de comparación de medias de la variable altura de planta de sorgo en San Juan Raboso, Izúcar de Matamoros.....	36
Cuadro 9. Análisis de varianza y prueba de comparación de medias de la variable porcentaje de clorosis en el cultivo de sorgo en San Juan Raboso, Izúcar de Matamoros.....	39
Cuadro 10. Análisis de varianza, de la variable longitud de planta, peso fresco y peso seco en Agua Dulce, Tilapa	41

Cuadro 11. Análisis de varianza y prueba de comparación de medias de la variable longitud de planta de sorgo en San Juan Raboso, Izúcar de Matamoros.....	43
Cuadro 12. Análisis de varianza de longitud, peso fresco y peso seco de raíz del cultivo de sorgo en Agua Dulce, Tilapa.....	44
Cuadro 13. Análisis de varianza y prueba de comparación de medias de la variable longitud de raíz de San Juan Raboso, Izúcar de Matamoros.....	45
Cuadro 14. Análisis de varianza de las variables longitud, peso fresco y peso seco de espiga del cultivo de sorgo en Agua Dulce, Tilapa.....	46
Cuadro 15. Análisis de varianza y prueba de comparación de medias de la variable peso seco de espiga del sorgo en San Juan Raboso, Izucar de Matamoros.....	48
Cuadro 16. Prueba de comparación de medias de las variables peso de planta, peso de espiga, peso de 100 semillas y rendimiento de grano, en Agua Dulce, Tilapa.....	50
Cuadro 17. Prueba de comparación de medias de variables peso de planta, peso de espiga, peso de 100 semillas y rendimiento de grano en San Juan Raboso Izúcar de Matamoros.....	51
Cuadro 18. Matriz de potencialidades limitaciones y problemas	55

ÍNDICE DE FIGURAS

	Páginas
Figura 1. Localización de los municipios de Tilapa e Izúcar de Matamoros, Puebla.....	20
Figura 2. Mapa de edafología de los Municipio de Tilapa e Izúcar de Matamoros, con la ubicación de la zona de estudio.....	21
Figura 3. a) Siembra y b) fertilización, del cultivo de sorgo en Agua Dulce.....	28
Figura 4. Curva de crecimiento del cultivo de sorgo en Agua Dulce, Tilapa.....	35
Figura 5. Porcentaje de clorosis en cultivo de sorgo en Agua Dulce, a) $\text{FeSO}_4=0$ b) $\text{FeSO}_4=12$	38
Figura 6. Longitud de planta de sorgo a los 146 días después de la siembra en Agua Dulce, Tilapa.....	41
Figura 7. Peso seco de planta de sorgo a los 146 días después de la siembra en Agua Dulce, Tilapa.....	42
Figura 8. Longitud de espiga del cultivo de sorgo a los 146 días después de la siembra en Agua Dulce, Tilapa.....	47
Figura 9. Peso seco de espiga del cultivo de sorgo en Agua Dulce, Tilapa.....	47
Figura 10. Rendimiento de grano del cultivo de sorgo, t ha^{-1} en Agua Dulce, Tilapa.....	5

I INTRODUCCIÓN

México se caracteriza por poseer una gran riqueza en la diversidad de tipos de suelo; sin embargo, cada uno tiene características distintivas que pueden contribuir a que un suelo sea productivo o improductivo, dependiendo de la disponibilidad de nutrimentos y en su comportamiento a nivel suelo-planta, tal es el caso de los suelos de origen calcáreo, que por la presencia de carbonatos de calcio (CaCO_3) y magnesio (MgCO_3), tiene implicaciones agronómicas al aumentar la concentración del anión bicarbonato (HCO_3^-) en la solución del suelo, impidiendo la absorción del elemento hierro (Fe) por las plantas, provocando problemas de clorosis férrica (Porta *et al.*, 2003); y en casos severos causa la muerte de la misma (Lara *et al.*, 2004).

En la parte suroeste del estado de Puebla, que comprende parte de la región Mixteca baja Poblana y específicamente los municipios de Izúcar de Matamoros, Tilapa, Chietla, Tepeojuma y Atzala, es una zona en la que su actividad económica principal depende del cultivo de la caña de azúcar y del cultivo de sorgo, pero cuyos suelos calcáreos (INEGI, 2006) presentan una gran cantidad de carbonatos totales, lo que bloquea la absorción de algunos nutrientes tales como hierro y zinc (Sierra *et al.*, 2007; Ortega-Blu, 2007); presentando el síntoma característico de la clorosis férrica (Porta *et al.*, 2003); además, la degradación del suelo y la preocupación por el manejo inadecuado de los fertilizantes que repercute, no solo en el deterioro del suelo mismo, sino también en la contaminación de los alimentos y las aguas subterráneas (Ruiz, 1999).

Por otro lado en esta región se encuentra situado el ingenio azucarero de Atencingo, Puebla que genera anualmente 45 mil toneladas de cachaza, un residuo orgánico que a pesar de su gran contenido nutrimental, este recurso ha sido subutilizado lo que ha provocado una fuente de contaminación para el suelo y los mantos freáticos; en los últimos años se ha estado composteando parte de ella con la finalidad de destinarlo a los terrenos agrícolas de la región; por tal razón el objetivo del estudio fue evaluar el efecto del compost de cachaza en combinación de fertilizantes químicos y sulfato ferroso en la corrección de clorosis férrica en un suelo calcáreo y

su repercusión en el rendimiento en el cultivo de sorgo, en condiciones de temporal en el Valle de Matamoros, Puebla.

Navarro y Navarro (2003), refiere que la composta aumenta la capacidad de intercambio catiónico (CIC) en los suelos, trayendo consigo el incremento de la reserva de elementos nutritivos para la planta, compensando asimismo los aniones y cationes en el suelo, formando quelatos de Fe y manganeso (Mn), asegurando así el transporte de estos elementos; Igualmente Martínez *et al.* (2009), señalan que la aplicación de composta es importante por la aportación de materia orgánica, mejorando con ello las condiciones físicas, químicas y biológicas del suelo. De modo que la aplicación de compost de cachaza contribuye con el aporte de micronutrientes extraíbles, en contraste con la aplicación de fertilizantes químicos (Herencia *et al.*, 2008). Asimismo, la incorporación de abonos sintéticos, combinados con el compost, ayuda a la mineralización y disponibilidad de nutrimentos que requiere la planta (Sikora, 2000).

En un estudio realizado por la Secretaría de Desarrollo Rural (SDR) en el 2007 señaló que uno de los factores por el bajo rendimiento es la clorosis férrica, por lo que a fin de reducir la alcalinidad y contrarrestar los efectos negativos, es necesario el incremento de la materia orgánica del suelo por la conservación de los residuos de cosecha, el empleo de los subproductos del ingenio (cachaza) o de la destilería (Cuellar *et al.*, 2007).

II. REVISIÓN DE LITERATURA

El suelo desde una concepción agronómica es concebido como un hábitat biológico, enfocado a la producción de alimentos y cuya fertilidad es su capacidad para suministrar elementos nutritivos a las plantas, y que depende tanto de la cantidad de elementos nutritivos disponibles inmediatamente como de la capacidad del suelo para almacenarlos y ponerlos a la disposición de las plantas cuando las necesitan. La pérdida de la fertilidad por la erosión y degradación de este recurso es una preocupación que ha llevado a muchos investigadores a especializaciones, entre ellas la *Edafología* que tienen la finalidad de restituir dicha fertilidad.

Alcantar *et al.* (2007), señala que uno de los aspectos más importantes para el incremento de la productividad, ha sido sin duda, la nutrición adecuada de los cultivos y, de todos los factores que contribuyen en el crecimiento y la producción, la nutrición vegetal es uno de los determinantes.

2.1. Importancia del cultivo de sorgo (*Sorghum bicolor*) en la región

La producción mundial de sorgo se reporta en 54,889,589 t, y México ocupa el cuarto lugar con un 10.20% de participación. El sorgo es uno de los principales granos en nuestro país, su importancia radica en que nutre de materia prima a la industria generadora de alimentos balanceados para animales. Ante los incrementos de precio del maíz sufridos durante el periodo 2003-2004, el precio del sorgo responde cotizándose en los 128 dólares por tonelada, con una diferencia de dos dólares respecto al maíz (SAGARPA, 2005).

La producción de sorgo en el Estado de Puebla se concentra en la parte sur, principalmente en el Distrito de Desarrollo Rural (DDR. 06) Izúcar de Matamoros, con una superficie sembrada para el 2008 de 14,509 ha, con una producción de 51,680.21 toneladas y un rendimiento promedio de 3.560 t ha⁻¹, con un padrón de 2,800 productores (SAGARPA, 2008).

Son seis los municipios con problemas en la fertilidad del suelo, Chietla, Izúcar de Matamoros, Tilapa, Tlapanala, Tepeojuma y San Juan Epatlán y Chiautla de Tapia, con una superficie dedicada al cultivo de sorgo de 5,150 ha, con un promedio por ha por debajo de la media estatal de 3.08 (SAGARPA, 2010).

2.2. El suelo y su fertilidad

La fertilidad del suelo es su capacidad para suministrar elementos nutritivos a las plantas. La fertilidad natural depende, sobre todo, de su capacidad de retener a los elementos nutritivos durante cierto tiempo, para ponerlos a disposición de las plantas conforme a sus necesidades nutritivas y, de esta forma, disminuir las pérdidas por lavado. En menor medida, la fertilidad natural depende, también, de la composición de la roca originaria que influye en una mayor o menor riqueza del suelo en elementos nutritivos (Fuentes, 2002).

2.3. Suelos Calcáreos

De acuerdo con Duchaufour (1970), los suelos derivados de materiales parenterales calizos quedan incluidos dentro de los suelos calcimórficos, siendo la denominación “suelos calcáreos” un término generalizado, pero no una clasificación pedológica dentro de los esquemas de clasificación de suelos.

En la región de estudio encontramos cinco grupos de suelos, Feozem, Regosol, Rendzina, Vertisol y Litosol, predominando los suelos alcalinos y en particular los de origen calcáreo, igual de importante es la alta concentración de sales solubles en la solución del suelo pudiendo afectar de manera importante la producción, atribuyendo lo anterior a diferentes factores destacando principalmente el tipo de material que formó los suelos de la región, las condiciones climáticas y de manejo.(SAGARPA, 2009).

2.3.1. Características de los suelos calcáreos

2.3.1.1. Disponibilidad de hierro

Lara *et al.* (2004), señalan que aunque el Fe es el microelemento más abundante en los suelos y proporcionalmente se considera el cuarto elemento en peso de la corteza terrestre (alrededor del 5%) no todas las formas son asimilables, en suelos de pH alto (cerca de 8.0) las deficiencias de P y Fe son comunes. La clorosis férrica en plantas se produce por insuficiente absorción de Fe aunque a veces puede ser debido a la inactivación del Fe dentro de la planta (Loué, 1988; Fuentes, 2002).

Actualmente se sabe que la solubilidad de los óxidos de Fe es mínima en el intervalo de pH 7.5-8.5 y es precisamente ese el pH que tienen los suelos calizos. Por ello, en el problema de la clorosis férrica están implicadas la naturaleza y las características de las distintas formas de hierro y de los carbonatos presentes en el suelo. (Del Campillo, 1994.)

En suelos básicos o alcalinos, a pesar de tener suficiente cantidad de hierro, puede ocurrir que las plantas no puedan absorber suficiente debido a las condiciones del medio.

Navarro (2003), señala que el hierro interviene en muchos procesos vitales para la planta, formando parte de diversos sistemas enzimáticos, bien como un componente metálico específico de los enzimas, bien como uno de los varios metales igualmente necesarios para la actividad de los enzimas correspondientes.

Comparando con su presencia abundante en los suelos, el contenido en las plantas es escaso, aunque en la mayoría de las veces más elevado que el de otros oligoelementos. En los tejidos normales varía desde 25 a más de 250 ppm en peso seco, dependiendo de la parte de la planta que se considere y de la especie.

Algunas especies de hortalizas, como espinacas, lechuga y col verde, contienen entre 100 y 800 ppm en materia seca. En general se admite que contenidos inferiores de 50 ppm en peso seco pueden originar estados de deficiencia.

Guerrero (2000), menciona que los suelos con pH alto (básico) presentan un alto contenido de bases de cambio, pero hay también problemas de asimilación debido al alto contenido de carbonato de cal. Existe sobre todo, bloqueo de microelementos.

2.3.1.2. Clorosis férrica

Los síntomas más claros de la carencia de hierro se producen en las hojas, que pierden su color verde por falta de clorofila. Esta deficiencia se llama *clorosis férrica*. En una primera fase amarillean las hojas entre las nervaduras, aunque éstas conservan su color verde; en casos más graves las nervaduras, se vuelven amarillas, y en los casos extremos, las hojas aparecen casi blancas. Los síntomas de carencia aparecen, en primer lugar, en las hojas nuevas (Fuentes, 2002).

Schenkeveld *et al.* (2008), concuerdan que la clorosis férrica es un trastorno nutricional caracterizado por una disminución significativa de la clorofila en las hojas y que es responsable de la disminución del rendimiento del cultivo, tanto cuantitativa como cualitativamente, traduciéndose en pérdidas económicas.

Ishimaru *et al.* 2007, señalan que la clorosis férrica reduce la producción de los cultivos en un 30% en todo el mundo. Estudios realizados con el cultivo de maíz han encontrado que la deficiencia de hierro puede reducir el rendimiento de grano en un 20% (Godsey *et al.*, 2003).

2.3.1.3. Disponibilidad de fósforo

Otro de los problemas nutrimentales que se presentan en suelos calcáreos es la disponibilidad de fósforo, puesto que la máxima disponibilidad se encuentra entre 6.5 y 7.5. A partir de un pH 8, la disponibilidad disminuye rápidamente y cuando además el contenido de caliza es alto, se produce en gran escala el fenómeno de “retrogradación”, por el cual una parte del fósforo disponible, por ser soluble al agua y a los ácidos débiles, pasa a insoluble y, por consiguiente, no disponible para la cosecha (Guerrero, 2000).

2.4. Los suelos calcáreos y la importancia de la Materia Orgánica

Se conoce como materia orgánica del suelo (MOS) a un conjunto de residuos orgánicos de origen animal y/o vegetal, que están en diferentes etapas de descomposición, y que se acumulan tanto en la superficie como dentro del perfil del suelo. Además, incluye una fracción viva, o biota, que participa en la descomposición y transformación de los residuos orgánicos (Martínez *et al.*, 2008). Braschi *et al.* (2003), confirman que el contenido de MOS es el principal factor de mantenimiento de P en formas extraíbles en suelos calcáreos.

Castellanos *et al.* (2000), mencionan que los suelos calcáreos pueden presentar un pH que va de 7.3 hasta 8.4, presentando problemas de disponibilidad nutricional, siendo principalmente la disponibilidad de fierro y zinc los factores limitativos, también señala que la materia orgánica es la principal variable que afecta las propiedades físicas del suelo que por su acción quelatante, se le asocia a la disponibilidad de Fe, Mn, Cu, y Zn. De allí la importancia de tener estrategias de manejo del suelo que tiendan a incrementar la materia orgánica del mismo en el mediano y largo plazo, esto lo reafirma Fuentes (2002), quien concuerda que la corrección de suelos Básicos (pH elevado) es más difícil que la de suelos ácidos (pH bajo), y no es frecuente hacerla, salvo en casos de exceso de sodio. Se puede rebajar la basicidad del suelo con aportaciones de materia orgánica.

Las enmiendas orgánicas afectan considerablemente el equilibrio de nutrientes, influyendo en los parámetros físicos, químicos, biológicos (Uygur y Karabatak, 2006) y por la actividad microbiana del suelo, el cultivo puede adquirir el hierro requerido (Roco *et al.*, 2003).

Ávalos *et al.* (2006), mencionan que mejorar y conservar las condiciones físicas, químicas y biológicas de un suelo, constituye la base de su productividad agrícola, la cual depende en gran parte del contenido de materia orgánica. Por otro lado, Labrador (2001), señala que es preocupante que desde una gran diversidad de sectores se esté hablando de disminución de la materia orgánica, de erosión, de

desertificación, de contaminación, y teniendo presente que nos encontramos en el marco de una política agraria, que teóricamente prima el uso de prácticas agrícolas y ganaderas compatibles con el medio y promueve la protección y conservación de los suelos agrícolas y forestales; en otros ámbitos, directamente responsables de la gestión agraria, se siga manifestando un enorme desinterés por estas realidades, manteniendo unos conceptos sobre el funcionamiento del suelo y la gestión de la fertilidad simplistas y unidireccionales y utilizando técnicas de cultivo propias más de especuladores de suelos que de verdaderos conocedores de este medio.

La pérdida de fracción orgánica en los suelos de cultivo va a estar relacionada directamente con los procesos de degradación del suelo, ya que la materia orgánica influye sobre todos los parámetros edáficos: actúa como agente cementante de las partículas de arcilla floculada y las de tamaño limo, constituyendo los macro agregados y dándoles estabilidad. Del mismo modo Millaleo *et al.* (2006), explican que los abonos orgánicos afectan características químicas y biológicas de los suelos. Guerrero (2000), resume las ventajas de la materia orgánica en ocho puntos:

- 1.- Mejora la estructura de los suelos.
- 2.- Aumenta la capacidad de retención de agua.
- 3.- Aumenta la actividad biológica del suelo.
- 4.- Aumenta la capacidad de intercambio catiónico, al formarse más complejo arcillo-húmico.
- 5.- Proporciona a la planta cierta cantidad de nutrientes.
- 6.- Facilita la asimilación del fósforo al formarse complejos fosfo-húmicos.
- 7.- Es fuente de gas carbónico, que contribuye a la solubilización de los nutrientes.
- 8.- El ácido húmico que se forma estimula el crecimiento de las plantas.

2.4.1. Función del humus en el suelo

De la Isla (2009), asevera que los suelos ricos en humus, proporcionan los iones metálicos porque contienen agentes quelatantes que reaccionan con iones inorgánicos como el calcio, para formar una especie de compuesto conocido como

“complejos quelatantes”. De este modo, se regulan los nutrientes y también la humedad del suelo.

Fuentes (2002), refiere que la fertilidad de un suelo no solo depende de la cantidad de materia orgánica, sino de la velocidad con que evoluciona esa materia orgánica, convirtiéndose en humus que es la que tiene efectos positivos sobre la fertilidad del suelo; señalando, que la materia orgánica humidificada tiene los siguientes efectos sobre las propiedades físicas, químicas y biológicas.

2.4.1.1. Efectos del humus sobre las propiedades físicas

- La materia orgánica humidificada tiene un efecto positivo sobre la estructura de los suelos: da compacidad a los arenosos y hace más esponjosos a los arcillosos, lo que se traduce en una mayor permeabilidad al agua y al aire. Además, los agregados son más estables.
- La gran capacidad del humus para retener el agua permite a los suelos almacenar más agua (Piccolo, 2002).
- El color oscuro del humus permite captar mayor radiación solar, con lo cual hay un mayor calentamiento del suelo durante la primavera.

2.4.1.2. Efecto del humus sobre las propiedades químicas

El humus aumenta la fertilidad de los suelos por los siguientes motivos:

- Aporta elementos nutritivos.
- Junto con la arcilla forma el complejo de intercambio, que regula la nutrición de las plantas.
- Estimula el desarrollo de las raíces, con lo que hace más efectiva la asimilación de los elementos nutritivos. Lemanceau *et al.* (2009) encuentran que los ácidos húmicos y fúlvicos junto con la acción de los microorganismos en la rizósfera aumenta la disponibilidad de hierro.
- Favorece la asimilación del fósforo.

2.4.1.3. Efecto del humus sobre las propiedades biológicas

- Favorece la proliferación de la biota en el suelo, puesto que la materia orgánica les proporciona energía y nutrientes. El sorgo, que es capaz de liberar sideróforos de las raíces, pero para ello requiere de la actividad microbiana del suelo para garantizar la oferta satisfactoria Fe (Rroco *et al.*, 2003).
- Es una fuente importante de alimento para la fauna del suelo (lombrices, larvas, etc.). Esta fauna tiene efectos favorables sobre la estructura del suelo, pero la proliferación de insectos puede causar daño a los cultivos.
- La buena estructura conseguida con la materia orgánica favorece la respiración de las raíces, la germinación de las semillas y el buen estado sanitario de los órganos subterráneos de las plantas.

2.5. La cachaza, como abono orgánico

Es un material orgánico de color pardo oscuro proveniente de la filtración y del lavado de los lodos sedimentados (tierra, ceras y raíces) del proceso de clarificación de los jugos de caña (Salgado *et al.*, 2006a).

Velarde *et al.* (2004), explican que la cachaza o torta de los filtros al vacío es un residuo rico en nitrógeno, fósforo y calcio, que resulta del proceso de clarificación del guarapo. Incluye en su contenido materias terrosas y una cantidad importante de materia orgánica.

Castaño, s/f define la cachaza como un derivado de la caña de azúcar (*Sacharum officinarum*), residuo en forma de torta que se elimina en el proceso de clarificación del jugo de caña. Durante la fabricación del azúcar crudo, la cachaza constituye el 17% de residuos por el uno por ciento de azúcar cristalizada.

El composteo de la cachaza es una alternativa que permite reducir las dosis de aplicación, facilitando su transporte y aplicación en campo. Por otra parte favorece el

proceso de mineralización, lo que a su vez permite una mayor disponibilidad de nutrimentos por el cultivo (Genevine *et al.*, 2002; Piccolo, 2002).

Como abono orgánico la cachaza incrementa temporalmente la capacidad de intercambio catiónico del suelo, por la producción de humus; aumenta el contenido o la capacidad de retención de humedad y durante su descomposición se produce gran cantidad de CO₂, que al transformarse en H₂CO₃, junto con otros ácidos de origen orgánico, disolverán los nutrimentos insolubles en el suelo de pH alcalino (Basanta *et al.*, 2007).

La composición de la materia orgánica de la cachaza se detalla en el Cuadro 1. Su contenido de nitrógeno oscila en un amplio margen, en función de las características de la plantación cosechada. Los valores medios estimados de materia orgánica, N, P₂O₅ y K₂O se resumen en el Cuadro 2.

Cuadro 1. Compuestos orgánicos en la cachaza

Compuestos	Composición, base seca
	Porcentaje
Proteína cruda	12 - 16
Cera, aceite, resina	10 - 14
Sacarosa y azúcares reductores	10 - 14
Meollo de caña	18 - 25
Otros	25 - 35

Velarde *et al.* (2004)

Además del contenido de NPK señalado en el referido Cuadro 2, la cachaza contiene calcio (1.5 a 4 por ciento), magnesio (0.8 a 1.24 por ciento), hierro (0.4 a 2 por ciento) y micro elementos como manganeso (0.08 a 0.16 por ciento), cobre (0.006 a 0.04 por ciento) y otros.

Cuadro 2. Contenido nutrimental de los residuos sólidos agro-azucareros.

Residuo	C/N	Materia Orgánica (Porcentaje)	Humedad	Nutrientes			Masa húmeda por cada 1000 t de caña molida Toneladas
				N	P ₂ O ₅	K ₂ O	
Cachaza	29	80	75	1.60	1.20	0.40	37.0
RAC Acopio	129	94	40	0.35	0.21	1.25	60.0
Bagazo	111	90	50	0.39	0.90	0.70	4.8 ¹
Ceniza		Trazas	10	0.00	0.85	1.00	5.0
Total							106.8

Velarde *et al.* (2004)

De la misma forma se han encontrado que posee en base seca de 46 a 70% de materia orgánica (MO), 2.29% de N, 2.07% de P, 0.56% de K, 13% de Si, 0.68% de SO₃, 0.11% de Cl, 5.63% de CaO, 0.07% de Na₂O, 0.25% de Fe₂O₃, 0.47% de MgO y 6.24% de Al₂O₃ (Arreola *et al.*, 2004).

2.6. Los fertilizantes químicos y el medio ambiente

Los fertilizantes son compuestos químicos que aportan minerales al suelo, cuyos nutrientes se encuentran en forma asimilable o disponible para la planta, sin embargo, pueden contribuir a la acidificación de los suelos si se hace un manejo inadecuado de ellos, especialmente cuando se realizan aplicaciones de sulfato de amonio (Salgado *et al.*, 2006a)

La fertilización química se emplea en el cultivo de la caña de azúcar para incrementar la producción, pero el uso excesivo y continuo de fertilizantes afecta las propiedades químicas y biológicas del suelo, con el riesgo añadido de contaminación de las aguas superficiales y subterráneas (Basanta *et al.*, 2002).

De igual forma el agua y el suelo están siendo contaminados con procesos irreversibles, los productores se preocupan por la degradación edáfica y la inocuidad de los alimentos ya que muchos de ellos presentan grandes cantidades de pesticidas, de nitratos o de hormonas; el predominio del monocultivo y la utilización desmedida de fertilizantes químicos nitrogenados hacen a los cultivos más susceptibles a las enfermedades fungosas y bacterianas (Ruiz, 1999)

2.6.1. Eutrofización

La eutrofización consiste en un enriquecimiento de elementos nutritivos (especialmente en nitrógeno y fósforo) en las aguas superficiales, lo que origina un desarrollo excesivo de algas y plantas acuáticas.

La mayor parte de los nutrientes presentes en las aguas superficiales precede de vertido directo de aguas residuales, y del arrearre de nutrientes contenidos en diversos productos orgánicos: estiércol, purines, efluentes de ensilado, lodos de depuradoras, etc.

En algunos casos ocurre una rápida multiplicación de las algas en toda la profundidad a la que llega la luz solar, provocando un excesivo consumo de oxígeno; en otros casos se desarrollan algas en la superficie del agua, que impiden la penetración de la luz, con lo cual las algas situadas debajo no pueden efectuar la fotosíntesis y se mueren. En ambos casos se produce un consumo excesivo del oxígeno disuelto en el agua, lo que pone en peligro la vida acuática. Además, los restos de vegetación son descompuestos por bacterias que excretan productos indeseables (Fuentes, 2002).

La contaminación del agua puede tener consecuencias muy graves; por ejemplo, al desplazarse el agua con plaguicidas, hasta los mantos freáticos, ésta se torna tóxica o bien la eutrofización puede ser, también, sumamente grave ya que ocasiona un exceso de nitratos y fosfatos en el agua, con cambios importantes en la biota (De la Isla, 2009).

2.6.2. Acidificación

La materia orgánica del suelo tiende a aumentar el pH cuando el suelo es ácido y tiende a disminuirlo cuando el pH del suelo es alcalino

Stocking y Murnaghan (2001), señalan que experimentos en Zimbabwe han mostrado que aún bajo condiciones relativamente húmedas, los suelos sobre el

material geológico dominante del país –granito- se forman sólo a una velocidad de entre 400 y 800 kg/ha/año. Esto equivale a mucho menos de un aumento anual de 0.1 mm en la profundidad del suelo. El suelo suficiente para una profundidad razonable de enraizamiento para las plantas (50 cm) necesitaría más de 5000 años para formarse. Estas cifras proporcionan una cruda ilustración de la importancia de conservar los recursos de la tierra, mejor que dejarlos degradarse y esperar que la naturaleza restituya el daño.

En algunos suelos como Vertisoles, poca materia orgánica., si bién muy evolucionada, confiere una coloración muy oscura (Porta y López-Acevedo, 2005).

III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

3.1. Características de la región de estudio

En la parte suroeste del estado de Puebla, que comprende parte de la Mixteca baja poblana, los suelos de esta región son conocidos como calcáreos por la gran cantidad de carbonatos totales que contienen, presentándose bloqueo de la absorción de algunos micro-nutrientes tales como el fierro y el zinc, manifestándose un amarillamiento en el follaje de los cultivos, comúnmente conocida como clorosis férrica, además por el mismo manejo que se da a este recurso, son suelos delgados con un bajo contenido de materia orgánica (Cuellar *et al.*, 2007).

El principal problema en esta región es la clorosis férrica que afecta al cultivo de la caña de azúcar (Cuellar *et al.*, 2007), el maíz, el sorgo (Roco, 2003), el frijol (Lara, 2004) y hasta los arboles frutales son afectados, repercutiendo en el rendimiento y calidad del fruto (Razeto y Palacios 2005), lo que afecta el rendimiento de los cultivos hasta en un 30% (Ishimaru *et al.*, 2007).

Por otro lado, tenemos que anualmente, el Ingenio azucarero de Atencingo genera 45 000 t de desechos orgánicos (cachaza) que representan un problema para la ecología ya que son depositados en barrancas lo que lleva a la contaminación del suelo y los mantos freáticos por eutrofización; pero que es un material de desecho con un alto contenido nutrimental que representa una alternativa para el mejoramiento de la fertilidad del suelo. En los últimos años se ha estado composteando parte de ella con la finalidad de destinarlo a los terrenos agrícolas de la región.

3.2. Contaminación del Suelo

Un contaminante del suelo es cualquier producto que degrada su calidad. Puede ser un producto útil que se encuentra fuera de lugar o que alcanza una concentración tan elevada que impide la actividad normal del suelo (Fuentes, 2002).

En el caso particular de esta región de estudio, en una evaluación de campo realizado por la S.D.R., en el 2007, refieren que la caña de azúcar en la mayor parte de los casos necesita de los fertilizantes para mantener o incrementar los rendimientos de campo, pero con bastante frecuencia no se tiene en cuenta que el exceso o el manejo inadecuado de los fertilizantes tienen efectos sumamente negativos entre otras cosas, el daño sobre el ambiente y especialmente sobre las aguas subterráneas, por otro lado como refieren los Cuadros 3 y 4, los resultados obtenidos arrojaron que son suelos medianamente profundos a profundos, de textura media (franco arcillo limoso). Relieve ligeramente ondulado, poco erosionado, ausencia de pedregosidad y gravas. pH alcalino a fuertemente alcalino, reduciendo la asimilación del fósforo, del cobre, manganeso y del hierro, presentándose la clásica clorosis férrica que debe ser corregida con la aplicación de fuentes férricas, contenidos muy altos de fósforo y de potasio. Materia orgánica media a baja (Cuellar *et al.*, 2007).

Cuadro 3. Composición química del suelo de San Juan Raboso, Izúcar de Matamoros

Muestras	pH	CE	P ₂ O ₅	K ₂ O	MO
83-100,103-107	7.82	284	61.44	84.85	2.05
101,102,108-114	7.65	310	44.28	56.39	1.92

Fuente: Programa de sostenibilidad de la caña de azúcar 2007 en los ingenios de Atencingo y Calipam

Cuadro 4. Composición química del suelo de Agua Dulce, Tilapa

Muestras	pH	CE	P ₂ O ₅	K ₂ O	M ORG	CO ₃
276, 278, 279, 279-1, 280	8.51	415	100.09	82.07	2.55	9.48
277	8.36	425	127.71	24.65	1.61	1.74

Fuente: Programa de sostenibilidad de la caña de azúcar 2007 en los ingenios de Atencingo y Calipam

Efectos desfavorables de los contaminantes:

- Disminución del rendimiento de los cultivos y pérdida de calidad de los productos obtenidos.
- Alteraciones de la población microbiana del suelo.
- Riesgo de contaminación de las aguas superficiales y subterráneas.

- Cuando las concentraciones de los contaminantes sobrepasa la capacidad de aceptación del suelo, se produce una disminución o anulación de su poder autodepurante.

Sierra *et al.* (2007), señalan que la reacción del suelo puede influenciar indirectamente el crecimiento de la planta a través de su efecto en la disponibilidad de nutrientes para los cultivos. Las deficiencias de micronutrientes tales como hierro (Fe), zinc (Zn), manganeso (Mn) y cobre (Cu) son problemas frecuentes en suelos alcalinos.

3.3. Preguntas a responder en el trabajo de Tesis

1.- ¿Se puede reducir la clorosis férrica al aplicar compost de cachaza como fuente de materia orgánica?

2.- ¿La aplicación de compost de cachaza puede mejorar la fertilidad de los suelos calcáreos poniendo a disposición del cultivo los nutrimentos requeridos?

3.- ¿Es posible incrementar el rendimiento de sorgo, al hacer uso de materia orgánica proveniente del compost de cachaza?

IV. OBJETIVOS E HIPÓTESIS

4.1. Objetivo General

Mejorar la fertilidad de suelos calcáreos mediante el uso de compost de cachaza como una estrategia para el desarrollo agrícola de la región de Izúcar de Matamoros, Puebla.

4.1.1. Objetivos Específicos

- 1 Demostrar que el compost de cachaza disminuye la presencia de clorosis férrica en el sorgo, manifestandose por la sintomatología observable en el follaje del cultivo.
- 2 Evaluar el efecto del compost de cachaza en el desarrollo y rendimiento del cultivo de sorgo.
- 3 Elaborar una estrategia de mejoramiento de suelos calcáreos, para la región del valle de Izúcar de Matamoros, Puebla.

4.2. Hipótesis General

Existe mejoramiento de la fertilidad en suelos calcareos al ser tratados con compost de cachaza, reflejándose en la corrección de los síntomas de clorosis férrica, desarrollo, rendimiento y aumento de biomasa en el cultivo de sorgo.

4.2.1. Hipótesis Específicas

- 1 El compost de cachaza pone a disponibilidad del cultivo el hierro requerido, disminuyendo la presencia de clorosis férrica.
- 2 El compost de cachaza por la cantidad de materia orgánica que contiene, tiene un efecto positivo en el desarrollo y rendimiento del cultivo de sorgo.
- 3 Los productores desconocen los efectos de la cachaza sobre las propiedades edáficas.

V. MARCO DE REFERENCIA

5.1. Localización del área de estudio

5.1.1. Municipio de Tilapa, Puebla

5.1.1.1. Localización Geográfica

Se localiza en la parte suroeste del Estado de Puebla. Sus coordenadas geográficas son: los paralelos 18° 33' 12" y 18° 38' 36" de latitud norte y los meridianos 98° 20' 06" y 98° 36' 42" de latitud occidental. Sus colindancias son: al norte con el municipio de Tlapanalá, al sur colinda con los municipios de Atzala, Chietla e Izúcar de Matamoros, al oeste colinda con el municipio de Izúcar de Matamoros y al poniente colinda con el municipio de Tepexco (INEGI .2008), (Figura 1).

5.1.1.2. Orografía

Se encuentra dentro del Valle de Matamoros, el cual desciende de la ladera sur de la Sierra Nevada; su relieve es plano y ancho, con una altura de 1,200 metros sobre el nivel del mar, estribaciones montañosas al noroeste, destacando el Cerro de Tehuazapo, y al oriente dos cerros; la Cebolla y Cerro Grande.

5.1.2. Municipio de Izúcar de Matamoros, Puebla

5.1.2.1. Localización geográfica

El Municipio de Izúcar de Matamoros se encuentra en la parte suroeste del estado de Puebla. Sus coordenadas geográficas son: los paralelos 18° 22' 06" y 18° 42' 18" de latitud norte, y los meridianos 98° 19' 18" y 99° 33' 24" de longitud occidental y sus colindancias son: al norte limita con Tepeojuma, al sur limita con Chiantla de Tapia, al oeste limita con Xochiltepec, San Martín Totoltepec, Epatlán, Ahuatlán y Tehuizingo y al poniente limita con Tlapanalá, Tilapa, Atzala y Chietla. (Figura 1).

5.1.2.2. Orografía

El municipio se encuentra morfológicamente dentro del Valle de Matamoros, se presenta un relieve plano, con una altura promedio de 1,300 metros sobre el nivel del mar, avanzando hacia el norte alcanzando alturas de 1,500 msnm.

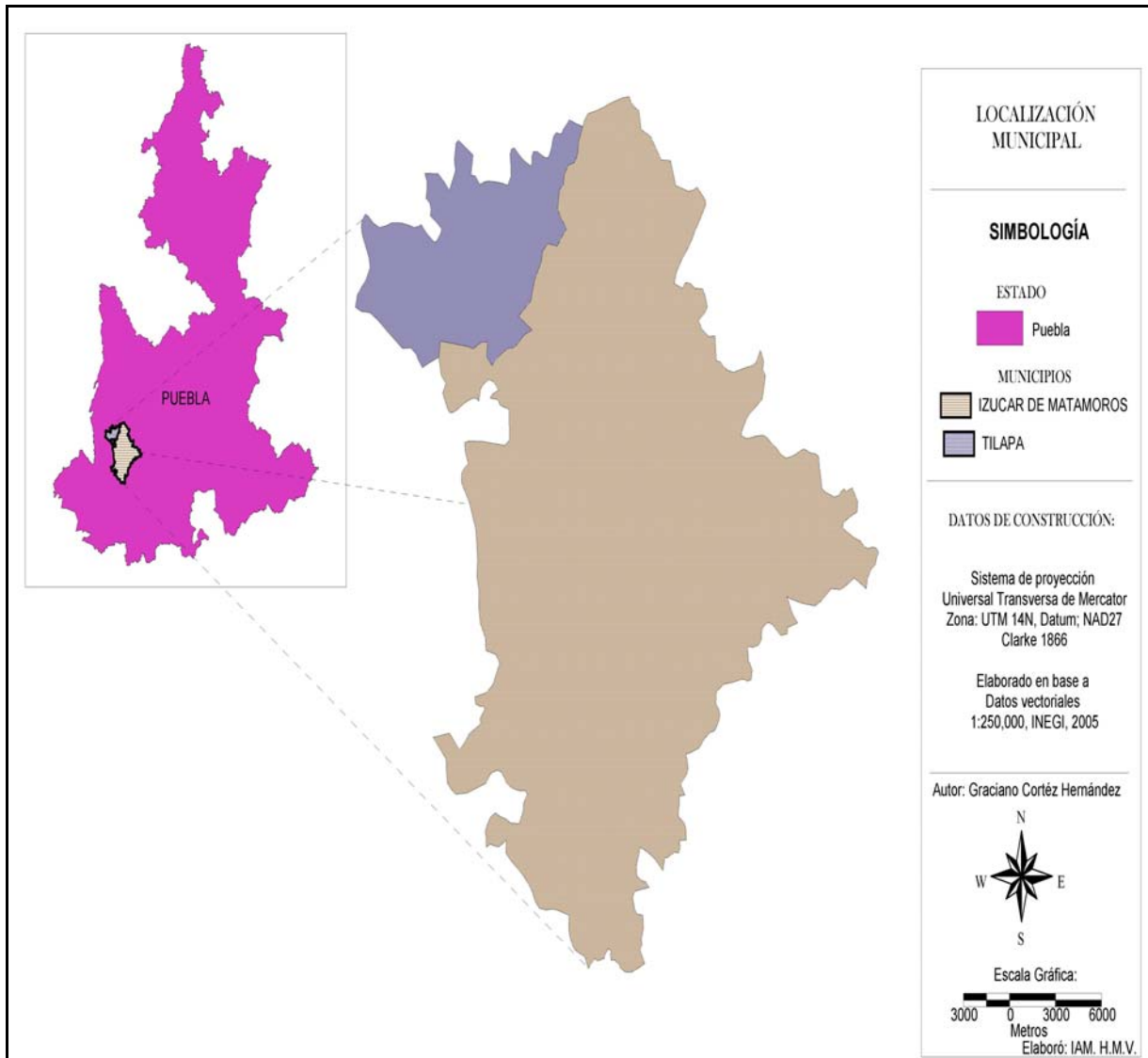


Figura 1. Localización de los municipios de Tilapa e Izúcar de Matamoros, Puebla.

5.1.2.3. Características del uso del suelo

El Municipio de Tilapa presenta cuatro grupos de suelos, dos de ellos son los más importantes:

Litosol.- Se localiza al este y al oeste del municipio, y es el de mayor extensión.

Vertisol.- Se localiza al centro del municipio y al extremo oriental.

Regosol calcárico y fluvisol son extensiones pequeñas ubicadas al noroeste.

El Municipio de Izúcar de Matamoros presenta cinco grupos de suelos:

Feozem: Se ubica en un área pequeña al centro-sur del municipio.

Regosol: Se distribuye en grandes áreas al sur, este y centro.

Rendcina: Aparece en pequeñas áreas al centro y extremo norte.

Vertisol: Se localiza en una gran área al centro, oeste y noroeste.

Litosol: Se localiza en extensas áreas por todo el municipio siendo en realidad el más abundante de todos (Figura 2), (INEGI, 2005).

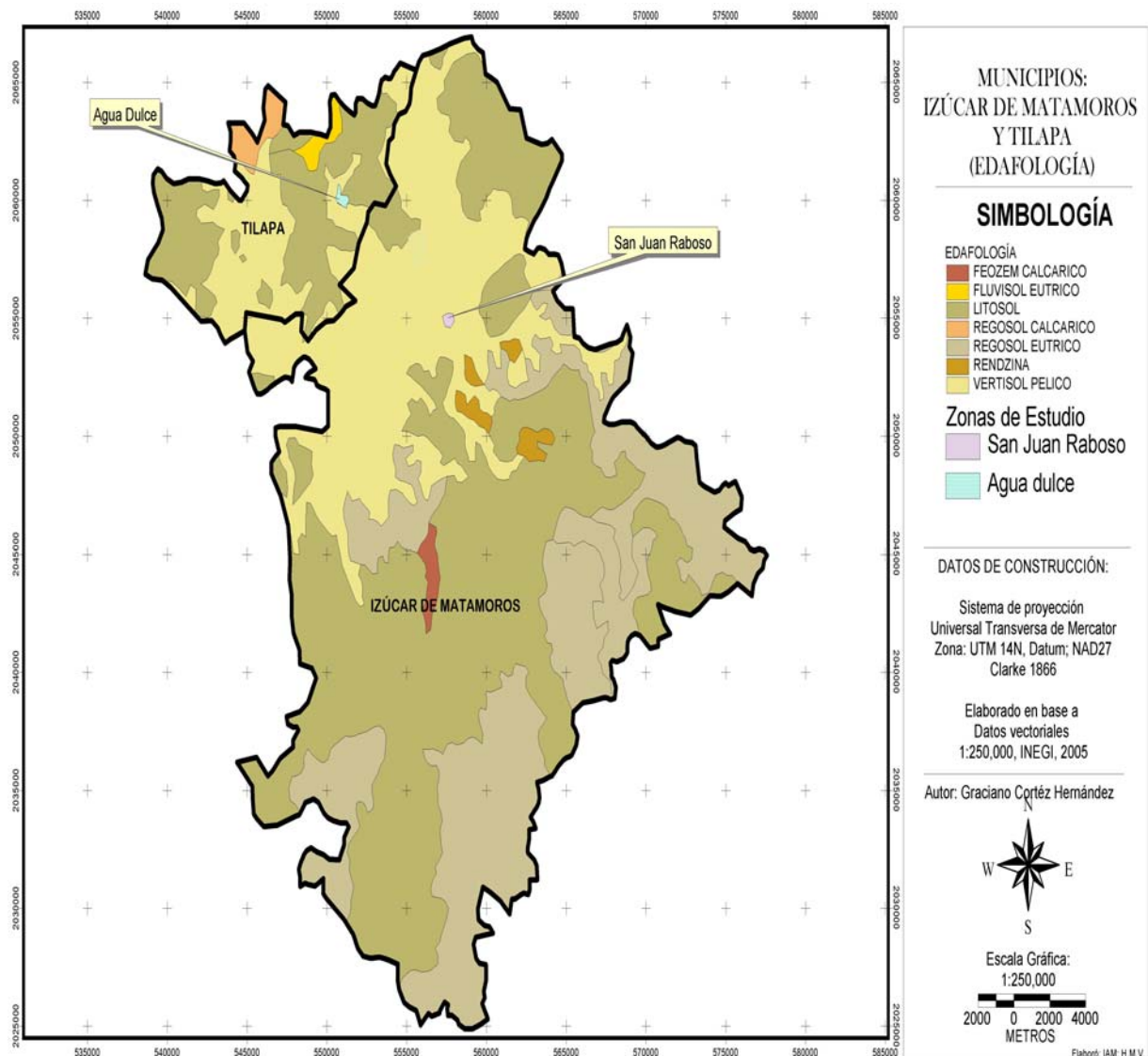


Figura 2. Mapa de edafología de los Municipio de Tilapa e Izúcar de Matamoros, con la ubicación de la zona de estudio.

5.1.2.4. Clima

El municipio de Izúcar de Matamoros, presenta dos variantes de climas:

Clima semicálido: Se localiza en las zonas montañosas del noroeste y suroeste.

Clima cálido subhúmedo: Se localiza en todo el municipio exceptuando las zonas montañosas del noroeste y suroeste.

Presenta una pequeña temporada menos lluviosa dentro de la estación de lluvias, llamada también sequía de verano. Días nublados al año: de 60 a 120 días, despejados al año: más de 200 (INEGI, 2006).

En el municipio Tilapa presenta un solo clima: Clima cálido subhúmedo con lluvias en verano.

5.1.2.5. Actividad Económica

Actividades económicas del municipio de Izúcar de Matamoros por sector:

Sector Primario: Agricultura, ganadería, pesca, apicultura.	36.2%
Sector Secundario: Industria y minería.	15.6%
Sector Terciario: Turismo y comercio.	43.3%

En el sector primario la agricultura produce granos principalmente de maíz, frijol, sorgo, cacahuate, ajonjolí y arroz; con relación a la fruticultura, encontramos sandía, mango, papaya, melón, caña de azúcar, aguacate, ciruela; en cuanto a las hortalizas tenemos jitomates, pápalo, pipicha, cebolla, calabaza, jícara y pepino. En cuanto al forraje tenemos alfalfa.

La ganadería es otra de las actividades primarias en las que se encuentran especies tales como: ganado vacuno, ovino, porcino y caprino; varios como asnal, mular y la crianza de gran variedad de aves.

La pesca también es una actividad importante, en el río San Francisco existe la cría de especies nativas como bagre y mojarra; en la laguna de San Isidro, se encuentra

la especie implantada carpa de Israel y en la laguna de Alchichica, existe la carpa espejo y la tilapia (INEGI, 2006)

En el Municipio de Tilapa la actividad económica por sector es:

Sector Primario: Agricultura, ganadería y pesca. 67.4%

Sector Secundario: Industria y minería. 8.7%

Sector Terciario: Comercio y Servicios. 21.0%

La agricultura cuenta con el cultivo en granos: maíz, sorgo, cacahuate; el forraje, alfalfa; en hortalizas: cebolla, calabacita, jitomate, y tomate de cáscara; fruticultura, caña de azúcar, aguacate, mango, papaya, mamey y zapote negro.

La ganadería cuenta con ganado de traspatio entre los que se encuentran el bovino, caprino, porcino, y equino principalmente, además existen otros como el mular, asnal y diferentes tipos de aves.

La pesca, también es importante, en el río de Xochitopan existe la cría de especies nativas llamadas bagre y mojarra.

VI. MATERIALES Y MÉTODOS

6.1. Selección del área de estudio

Para el establecimiento del proyecto de investigación se seleccionaron dos parcelas con características representativas de la zona de estudio, por lo que se buscó parcelas que año con año estuvieran siendo trabajadas, que en los cultivos anteriores se haya manifestado el síntoma de clorosis férrica muy marcada y que fueran terrenos de temporal.

Se eligió el cultivo de sorgo por ser uno de los más susceptibles en deficiencia nutrimental, siendo muy marcado el síntoma de deficiencia férrica, además porque es uno de los tres cultivos en importancia de esta zona.

Se seleccionaron comunidades de los municipios de Izúcar de Matamoros y Tilapa por ser municipios representativos de la zona con un buen número de productores que se dedican al cultivo de sorgo; además, porque en un estudio del suelo realizado por la Secretaria de Desarrollo Rural en el 2007 arrojó resultados con un pH alcalino de 7.82 a fuertemente alcalino de 8.25, (Cuellar *et al.*, 2007).

6.2. Descripción edáfica de la zona de estudio

En la región de estudio encontramos cinco grupos de suelos, Feozem, Regosol, Rendcina, Vertisol y Litosol, predominando los suelos alcalinos y en particular los de origen calcáreo, igual de importante es la alta concentración de sales solubles en la solución del suelo afectando de manera importante la producción, atribuyendo lo anterior a diferentes factores destacando principalmente el tipo de material que formó los suelos de la región, las condiciones climáticas y de manejo (SAGARPA, 2009).

Suelos medianamente profundos a profundos, de textura media (franco arcillo limoso). Relieve ligeramente ondulado, poco erosionado, ausencia de pedregosidad y gravas. El pH es fuertemente alcalino. Contenidos muy altos de fósforo y de potasio. Materia orgánica media a baja.

6.3. Comunidades seleccionadas

Este trabajo de investigación se estableció en dos comunidades:

Ejido de San Juan Raboso pertenece al municipio de Izúcar de Matamoros, que se localiza a los 18° 34' 15" de Latitud Norte y a los 98° 26' 24" de Latitud Oeste y se ubica al sur de la cabecera municipal y a una distancia de 2 km, sobre la carretera federal a Oaxaca (INEGI, 2008).

Ejido de Agua Dulce, municipio de Tilapa, que se localiza a los 18° 37' 09" de Latitud Norte y a 98° 30' 35" de Latitud Oeste, ubicado al oeste de la cabecera municipal y a 2 km de la misma, sobre la carretera Federal Izúcar-Cuernavaca.

Ambos comunidades pertenecientes al estado de Puebla, México; y situadas al suroeste del estado en la región Valle de Matamoros (INEGI, 2008).

6.4. Descripción del método

Los experimentos se establecieron en suelos calcáreos en condiciones de temporal, evaluándose dos fuentes de fertilizante:

- a) compost de cachaza, con dosis de cero, cinco y 10 t ha⁻¹
- b) fertilizante químico usando la formula 110-50-60 (sulfato de amonio, superfosfato de calcio simple y sulfato de potasio) (SDR, 2007), aplicando 3 dosis diferentes: de cero, el 50% y el 100% de la formula, en un diseño factorial de 3² resultando nueve tratamientos con sus repeticiones (Cuadro 5).

Se usó el cultivo de sorgo (*Sorghum bicolor* L.), la variedad D65 por ser uno de los cultivos importantes de la región, además de ser susceptible a la deficiencia de nutrimentos, principalmente a la clorosis férrica.

Cuadro 5. Tratamientos evaluados.

Tratamientos	Fuente de nutrimentos	
	Compost (t ha ⁻¹)	Fertilizante químico (110-50-60) en % ha ⁻¹
T1	0	0
T2	0	50
T3	0	100
T4	5	0
T5	5	50
T6	5	100
T7	10	0
T8	10	50
T9	10	100

En la localidad de Agua Dulce, en el terreno seleccionado para el experimento, fue preciso considerar los antecedentes de cultivos anteriores tales como el maíz, sorgo, frijol que presentaron síntomas fuertes de clorosis y que por tal razón el productor ha tenido que aplicar sulfato ferroso (FeSO₄) vía foliar a fin de obtener producción; por tal motivo, el diseño de tratamientos en este lote experimental fue un arreglo de parcelas divididas. Los tratamientos en parcelas chicas (TPCH) fueron en un bifactorial, por un lado el abono orgánico con una dosis de 0, 5 y 10 t ha⁻¹, y por otro lado, el fertilizante químico con 0 dosis, la mitad de la fórmula y con la fórmula completa, utilizando la recomendación generada por la SDR en el 2007 de 110-50-60, (N, P₂O₅ y K₂O respectivamente); resultando 9 tratamientos con tres repeticiones, sumando un total de 27 unidades experimentales. En tratamiento de parcela grande (TPG), los mismos nueve tratamientos con tres repeticiones (27 repeticiones en total) se aplicó sulfato ferroso (FeSO₄) vía foliar a razón de 12 kg ha⁻¹ como dosis única a los 45 días después de su germinación; en total fueron 54 unidades experimentales, sumando los de parcela chica y parcela grande.

En la localidad de San Juan Raboso el diseño experimental fue de bloques completamente al azar con los mismos tratamientos es decir un bifactorial, por un lado el abono orgánico con una dosis de cero, cinco y 10 t ha⁻¹, y por otro lado, el fertilizante químico con cero dosis, la mitad de la fórmula y con la fórmula completa, resultando nueve tratamientos con cuatro repeticiones.

Las unidades experimentales constaron de cuatro surcos con una longitud de cinco metros de largo, con un espaciamiento entre surcos de 0.70 m (14 m² por unidad experimental); considerando útiles los dos surcos centrales de cada unidad.

6.5. Siembra y fertilización

En el sitio experimental situado en la localidad de Agua Dulce, Tilapa, Pue. (Figura 3a) la siembra se realizó el 19 de junio del 2008 y en el segundo sitio experimental situado en San Juan Raboso, se estableció el 3 de julio del mismo año; la siembra fue hecha manualmente dejando caer la semilla a chorrillo al fondo del surco, con una densidad de siembra de 150,000 plantas por ha⁻¹. Al momento de la siembra se realizó la fertilización, primeramente el fertilizante orgánico se depositó en banda en el fondo del surco y en seguida se aplicó el fertilizante químico, cubriéndose finalmente con un poco de suelo (Figura 3 b). En el caso del fertilizante químico la fórmula se aplicó en dos partes, la mitad del nitrógeno durante la siembra junto con el total del fósforo y potasio; y la segunda mitad del nitrógeno a los 45 días después de su germinación.

En parcela grande es decir en la comunidad de Agua Dulce se aplicó sulfato ferroso (FeSO₄) vía foliar a razón de 12 kg ha⁻¹ como dosis única a los 45 días después de la germinación.

a)



b)



Figura 3. a) Siembra y b) fertilización, del cultivo de sorgo en Agua Dulce

6.6. Variables de estudio

6.6.1. Muestreo del suelo y compost

Se realizó el muestreo del suelo antes del establecimiento del cultivo, tomando muestras a 25 cm de profundidad, cada muestra compuesta por 5 submuestras en cada sitio en los que se estableció el cultivo, las muestras se enviaron al laboratorio de nutrición de cultivos “Salvador Alcalde Blanco” del Colegio de Postgraduados, Montecillo, México, para la realización de análisis de fertilidad, nutrimentos y carbonatos totales; en el caso del compost de cachaza, en el momento de adquirirla la se tomaron 5 submuestras de la pila en diferentes sitios y a diferente profundidad, se mezclaron completamente y se tomó una muestra que posteriormente se llevó al laboratorio para determinar los nutrimentos que contiene.

La cachaza utilizada es proveniente del Ingenio azucarero de Atencingo, que a su vez fue sometida a un previo composteo durante 40 días, por la Sociedad de Producción Rural, Tecnificando el Surco S.C.R.L. de C.V. con dirección Calle constitución No. 2, Colón, Izúcar de Matamoros, Puebla.

6.6.2. Altura de planta

En cada unidad experimental en los surcos céntricos, se seleccionaron tres plantas al azar y se marcaron, poniéndoles una etiqueta con el número de tratamiento y repetición para darles seguimiento semanalmente, (cada 7 días), de estas plantas seleccionadas se tomando datos de la variable altura.

6.6.3. Porcentaje de clorosis

El porcentaje de clorosis se determinó visualmente, no existe metodología por lo que fue necesario establecer seis criterios con diferente rango que fueron 5, 10, 20, 40, 60, 80 y 100%. Definiéndolos de la siguiente forma:

- 5% Cuando el amarillamiento casi no se observa, en general las plantas se ven verdes.
- 10% El amarillamiento es muy leve y solo se observa en algunas plantas

- 20% La planta presenta un amarillamiento de una, dos o tres de las últimas hojas y en algunas plantas no se observa síntoma alguno.
- 40% cuando el amarillamiento se presenta en las tres últimas hojas y es general en toda la unidad experimental
- 60% cuando el amarillamiento no solo se observa en las 3 últimas hojas, sino que se empieza a generalizar en toda la planta.
- 80% es cuando el amarillamiento es general en toda la planta y en todas las plantas de la unidad experimental.
- 100% El amarillamiento es general y es notorio que las plantas detienen su crecimiento, se ven débiles, empiezan a marchitarse y mueren.

La toma de datos se realizó semanalmente (cada 7 días) dando inicio a los 21 días después de la siembra y concluyendo a los 105 días, con un total de 13 registros.

6.6.4. Determinación de biomasa

Cada 14 días se cosecharon dos plantas con características representativas de la unidad experimental, procediendo a seccionar, raíz y follaje, tomando datos de longitud de cada una de las partes y peso fresco; posteriormente fue necesario cortar el tallo en trozos pequeños y guardarlos en bolsas de papel para su secado, las raíces fueron lavadas para eliminar restos de suelo, después del secado se tomo el peso seco.

En el cuarto muestreo inicia la aparición de la espiga y también se procede a tomar datos de longitud, peso fresco y peso seco.

Cada una de estas partes de la planta fue sometida a proceso de secado en una estufa a temperatura constante de 65 °C por un tiempo de 72 hrs.

6.6.5. Cosecha y rendimiento

El rendimiento se determinó cosechando dos metros lineales de los surcos centrales de cada unidad experimental, las plantas se cortaron con una hoz al ras del suelo, se amarraron y etiquetaron para identificar tratamiento y repetición; en seguida se

realizó el pesado de las plantas completas, después por separado se tomaron datos de longitud y peso de: tallo, hojas, espiga. En el caso del tallo y las hojas se cortaron en trozos pequeños, embolsándose y procediendo a someterse a secado a una temperatura de 65 °C durante 72 hrs. para después tomar el peso seco.

La espiga se trillo en forma manual y se pesó el grano, en seguida se realizó el conteo y la separación de 100 semillas de cada tratamiento para obtener su peso.

Todos estos datos fueron sometidos a un análisis de varianza mediante el paquete estadístico SAS, 2004 versión 9.0 y pruebas de comparación de medias de Tukey.

VII RESULTADOS Y DISCUSIÓN

7.1. Composición química del suelo

Los valores de pH (Cuadro 6), en los suelos de Agua Dulce Tilapa y San Juan Raboso, I. de Matamoros, están clasificados como alcalinos o básicos, este dato concuerda con lo encontrado por Cuellar *et al.* (2007), quienes reportan suelos alcalinos con pH de 7.85 en San Juan Raboso y fuertemente alcalinos en Agua Dulce con pH de 8.36. En donde puede verse limitada la disponibilidad de P, Fe, Mn, B, Cu y Zn; por otro lado se agrava el problema pues los resultados reflejan que son suelos delgados con contenido bajo de Materia Orgánica (MO) por lo que hay una baja actividad microbiana, afectando la absorción de nutrimentos por las plantas, considerando que las la materia orgánica afectan el equilibrio y movilidad de los nutrientes del suelo y su absorción por las plantas (Roca *et al.*, 2007; Fuentes, 2002). El contenido de P, K es medio (NOM-021-RECNAT, 2000). Puesto que son suelos que año con año están siendo sembrados con diferentes cultivos, existe una constante extracción de macronutrientes tales como el nitrógeno y que no son restituidos al suelo por lo que también tenemos una deficiencia de este elemento. Estos resultados muestran que por un lado se tiene el bloqueo a nivel de la rizósfera que impide que la planta pueda absorber el Fe que necesita, pero aunado a esto la cantidad de Fe que contienen los suelos de Agua Dulce es mucho menor que en San Juan Raboso, por lo que esto agrava el problema.

Cuadro 6 Composición química y contenido nutrimental de los suelos en los que se establecieron las parcelas experimentales.

Muestra	pH	MO ----- %	N -----	P mg kg ⁻¹	K -----	Ca meq L-----	Mg -----	Na - cmol kg ⁻¹ -	CIC meq L	HCO ₃ meq L	Fe --mg kg ⁻¹ --	Zn
1 A. Dulce	7.88	0.35	0.06	5.74	0.93	6.16	25.1	0.09	525.8	4.69	1.53	0.61
2 S. Juan R	7.93	0.24	0.02	6.01	0.45	3.08	35.3	0.08	593.6	3.21	2.54	2.19

7.2. Composición química del Compost de Cachaza

Los resultados del análisis químico del compost de cachaza (Cuadro 7) indica que es un pH alcalino, a este respecto Stoffella y Kahn (2005), aclaran que la escala de

valores del pH en la mayor parte de los compuestos varía entre 6.0 y 8.0 y que el valor final de un compost depende mucho de la materia prima, del proceso de fabricación y de la adición de cualquier enmienda; aunque en este caso el pH no favorece, sin embargo, el principal componente del compost de cachaza es la materia orgánica, favoreciendo una buena actividad microbiana lo que permite que los nutrientes estén a disponibilidad de los cultivos (Velarde *et al.*, 2004), lo mismo reportan Rroco *et al.* (2003), quienes aseveran que los microorganismos del suelo desempeñan un papel importante porque mejora la disponibilidad de hierro en el suelo. El otro aspecto que más interesa en esta investigación son los microelementos, Hierro, Manganeseo y Zinc que como se observa es fuente importante de estos elementos (Basanta *et al.*, 2007), en especial el hierro objeto de este estudio. En cuanto a los macroelementos NPK encontramos un alto contenido de Fosforo (P) que se debe a que algunas fábricas tratan con fosfato al jugo para una clarificación más rápida.

Cuadro 7. Composición química y contenido nutrimental del compost de cachaza, proveniente del Ingenio de Atencingo, Chietla, Puebla.

Muestra	pH	MO -----%-----	N	P mg kg ⁻¹	K -----meq L-----	Ca	Mg -----	CE ds/m	HCO ₃ meq L	Fe -----	Mn mg kg ⁻¹ -----	Zn
Compost C.	8.33	7.32	0.47	38.23	6.59	2.51	3.88	2.23	1.62	14.33	22.18	12.1

Compost C= Compost de Cachaza

7.3. Porcentaje de germinación

En la emergencia del sorgo no hubo diferencias entre tratamientos al octavo día había más del 50% de plantas emergidas en todos los tratamientos y a los nueve el 90% de plantas ya había germinado, para esta variable no se realizó un análisis estadístico, sin embargo no se observaron diferencias entre tratamientos, debido en parte porque durante esa semana hubo una buena precipitación pluvial (85 mm) lo que contribuyó a que la semilla siempre tuviera suficiente humedad y por lo tanto favoreció para que la germinación fuera uniforme en todos los tratamientos.

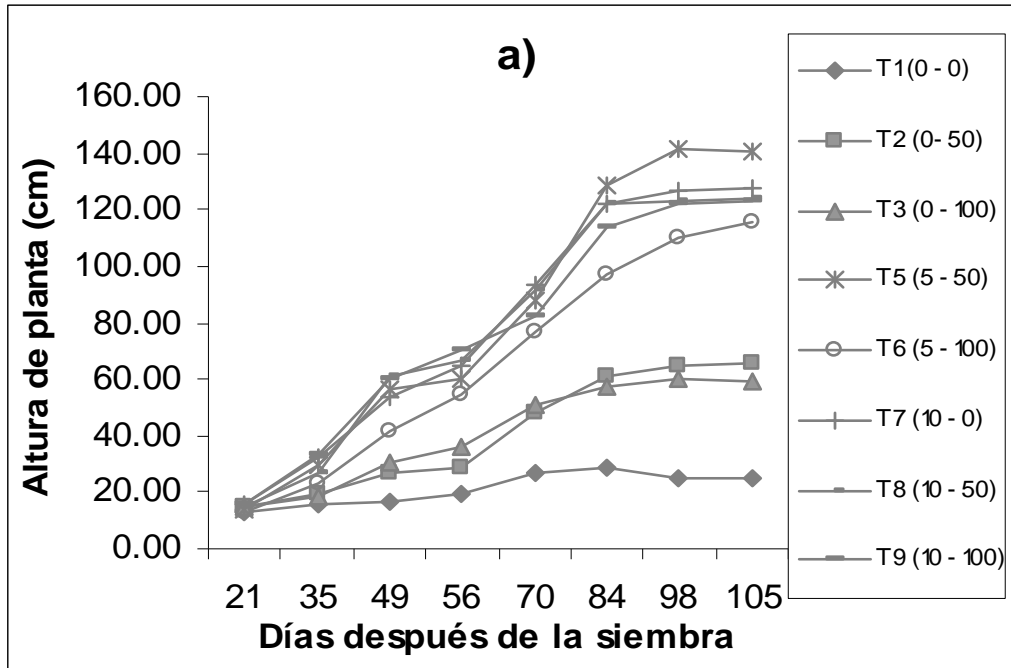
7.4. Altura de planta del cultivo de sorgo

7.4.1. Resultados en Agua Dulce, Tilapa

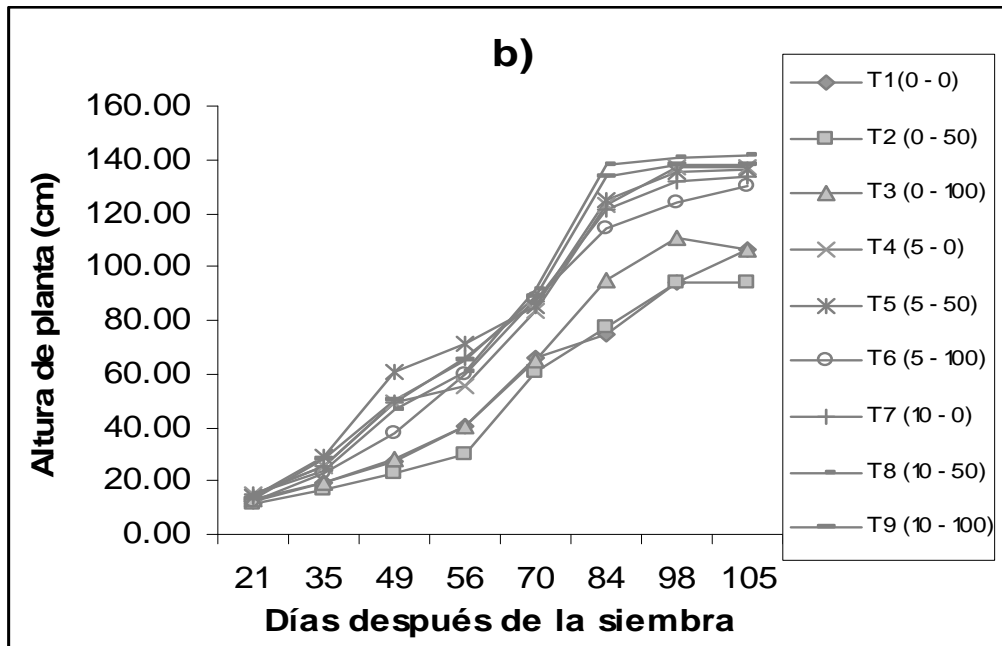
El análisis de varianza de la variable altura de planta muestra que existen efecto altamente significativo entre tratamientos; destacándose aquellos que contienen compost de cachaza y fertilizante químico con mayor altura de planta (Figura 4a), y los tratamientos con menor altura son los que no contienen compost (0-0, 0-5, 0-10) confirmando que la materia orgánica humificada aporta nutrientes y estimula el desarrollo de las plantas (Hartwigsen y Evans 2000; Félix *et al.*, 2008).

Es interesante notar que desde los 35 días (Figura 1 del anexo), se observa la diferencia entre tratamientos y aquellos que solo contienen fertilizante químico (0-5, 0-10) su desarrollo es más lento y paulatinamente el cultivo muere (Figura 2 del anexo); por lo tanto, la aplicación de fertilizante químico en suelos calcáreos con bajo porcentaje de materia orgánica no tiene ningún efecto en el desarrollo del cultivo (Figura 4a, 4b).

En parcela grande, con aplicación de sulfato ferroso (FeSO_4) vía foliar (Figura 4b), el desarrollo de la planta en los tratamientos que contienen compost de cachaza es similar que en parcela chica (Cuadro 1 del anexo), dejando claro que la cachaza suministra a la planta parte del hierro requerido y su deficiencia es responsable de limitar el desarrollo del cultivo (Álvarez *et al.*, 2005); al comparar los tratamientos que no contienen compost, alcanzan mayor altura las de parcela grande que contienen sulfato ferroso (Figura 4a, 4b), aunque su desarrollo no alcanza la altura de los demás tratamientos, lo que deja ver que al no aplicar materia orgánica al suelo (cachaza) la aplicación de una sola dosis de sulfato ferroso no es suficiente, por ello el productor realiza cinco o seis aplicaciones, dependiendo de la gravedad de la clorosis, además que su eficacia solo dura por breves periodos de tiempo (Naeve, 2006), y requiere un suministro continuo de hierro para mantener un crecimiento (Wiersma, 2005); por lo que se puede aseverar que el compost de cachaza por los ácidos húmicos que contiene y su efecto quelatante pone a disponibilidad del cultivo los nutrimentos para su desarrollo (Bocanegra *et al.*, 2006).



a) FeSO₄=0



b) FeSO₄=12

Figura 4. Curva de crecimiento del cultivo de sorgo en Agua Dulce, Tilapa.

7.4.2. Resultados de altura del cultivo de sorgo en San Juan Raboso, Izúcar de Matamoros

En la parcela ubicada en la localidad de San Juan Raboso, el análisis de varianza y la prueba comparación de medias permite ver que la variable altura de planta tuvo un comportamiento diferente (Cuadro 8), puesto que solo en el muestreo cuatro, cinco y seis se obtienen diferencias altamente significativas, sin embargo en el último muestreo, estadísticamente no existen diferencias entre tratamientos, por lo tanto en este caso la clorosis no afectó el desarrollo del cultivo lo que puede deberse a que la deficiencia férrica fue menor y como lo señala Naeve y Rehm (2006), la clorosis varía espacial y temporalmente, ya que también es afectado por la cantidad de agua en el suelo (Hansen *et al.*, 2003; Velázquez *et al.*, 2004; Zuo *et al.*, 2007).

Cuadro 8. Análisis de varianza y prueba de comparación de medias de la variable altura de planta de sorgo en San Juan Raboso, Izúcar de Matamoros.

Concepto	Días después de la siembra						
	18	32	46	60	74	88	102
F Calculada	1.26	2.54	2.95	4.12	14.98	5.20	1.34
Prob. F	0.3089	0.0367	0.0191	0.0033	0.0001	0.0008	0.2718
CV	23	16.3	15.29	12.1	8.78	12.47	10.63
Tratamientos	Prueba de Tukey						
0 - 0	10.16 a	20.49 a	39.04 a	49.50 b	61.41 e	81.46 b	115.16 a
0 - 50	13.66 a	22.87 a	44.12 a	62.49 ab	78.16 de	112.79 ab	120.54 a
0 - 100	14.33 a	21.54 a	37.79 a	60.16 ab	89.74 bcd	123.41 a	132.08 a
5 - 0	10.91 a	22.91 a	47.54 a	64.74 ab	97.08 abcd	131.58 a	133.41 a
5 - 50.	15.41 a	29.62 a	48.16 a	71.58 a	108.91 ab	133.33 a	133.83 a
5 - 100	12.33 a	27.37 a	46.50 a	75.33 a	104.91 abc	128.50 a	132.58 a
10 - 0	13.91 a	23.71 a	37.99 a	61.49 ab	88.75 cd	118.08 ab	122.28 a
10 - 50.	12.24 a	26.83 a	54.33 a	69.75 a	99.99 abc	137.87 a	137.62 a
10 - 100	14.41 a	28.24 a	51.25 a	72.83 a	110.41 a	135.00 a	136.83 a
DSH	7.45	9.73	16.61	19.01	19.68	36.7	33.07

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes

CV = Coeficiente de Variación

Prob. F = Probabilidad de F

DSH = diferencia significativa honesta

7.5. Porcentaje de Clorosis en el cultivo de sorgo

7.5.1. Resultados de porcentaje de clorosis en el cultivo de sorgo en Agua Dulce, Tilapa.

En la variable porcentaje de clorosis el análisis de varianza muestra una diferencia altamente significativa en todos los muestreos lo que deja ver que los síntomas se

observan desde los primeros días después de la germinación (Figura 3 del anexo); en comparación de medias (Cuadro 2 del anexo) se identifican los mejores resultados que corresponden a los tratamientos en los que se aplicó 10 t ha^{-1} del compost de cachaza, adicionada con 50% y 100% de la fórmula del fertilizante químico (110-50-60), en estos tratamientos el porcentaje de clorosis se mantiene en un 20 a 30% (Figura 4 del anexo), mientras que los tratamientos con el más alto porcentaje de clorosis del 80 y 100% son aquellos que carecen de compost de cachaza (0-0, 0-50, 0-100), (Figura 5a), confirmando que el compost de cachaza disuelve los nutrientes insolubles en suelos con pH alcalino (Ma *et al.*, 2003;) y reduce la clorosis férrica.

En parcela grande con aplicación de sulfato ferroso, la respuesta es inmediata, puesto que la aplicación se realizó a los 53 días después de la siembra y a los 56 días se observa disminución del porcentaje de clorosis, continuando su efecto hasta los 70 días (Figura 5b) disminuyendo los síntomas de clorosis hasta alcanzar el 5% en los tratamientos con cinco y 10 t ha^{-1} de compost de cachaza, a partir de esa fecha tiende a incrementar los síntomas quedando finalmente en 10 y 20%.

En el caso de los primeros tres tratamientos (0-0, 0-50, 0-100), la clorosis disminuyó hasta alcanzar 25 a 45% pero nuevamente se incrementó quedando en 46 y 70%, dejando claro que no es suficiente una sola aplicación de sulfato ferroso (Fernández y Ebert, 2005)., razón por la cual el productor tiene que hacer cinco o seis aplicaciones cuando la clorosis es muy severa, como ocurrió en este caso en el que los mejores resultados los tenemos cuando adicionamos compost de cachaza al suelo y se realiza una aplicación de sulfato ferroso (FeSO_4) vía foliar a razón de 12 kg ha^{-1} confirmando que el compost de cachaza sí cubre parte de la deficiencia férrica en el cultivo (De Santiago y Delgado, 2007), disminuyendo el porcentaje de clorosis hasta en un 80%.

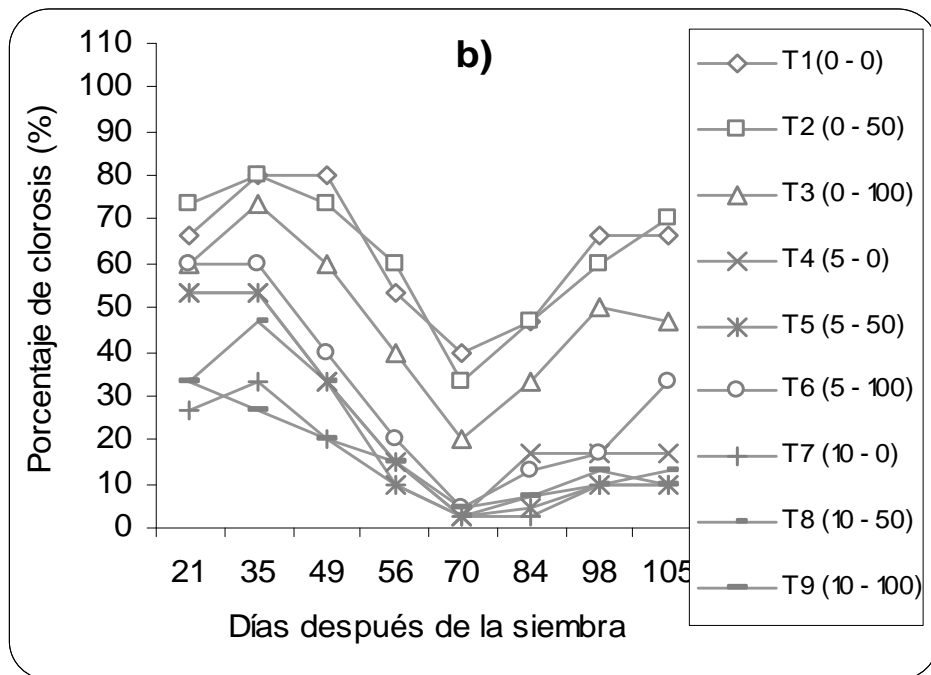
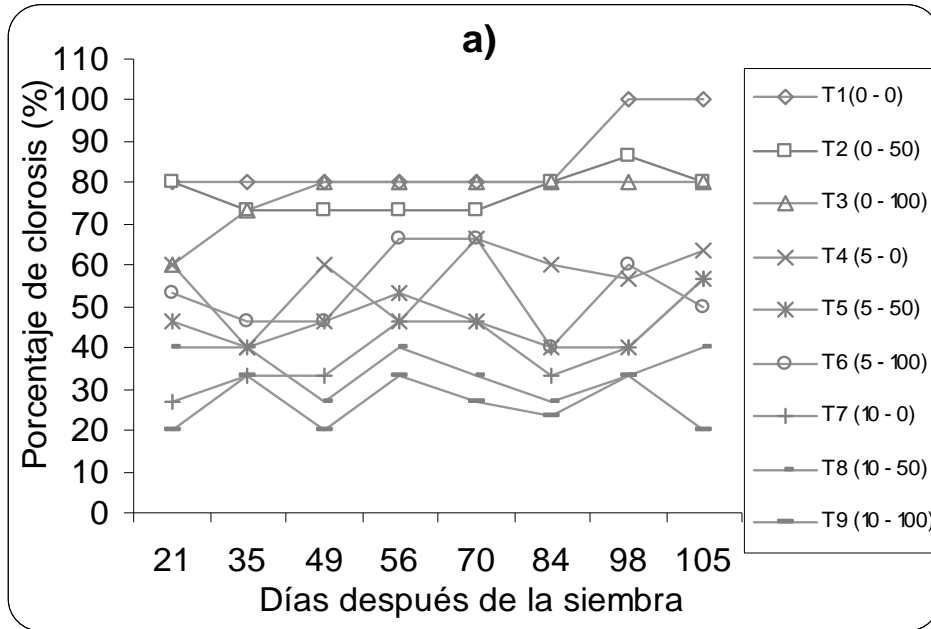


Figura 5. Porcentaje de clorosis en cultivo de sorgo en Agua Dulce, a) $\text{FeSO}_4=0$
 b) $\text{FeSO}_4=12$

7.5.2. Resultados de la variable porcentaje de clorosis en San Juan Raboso, Izúcar de Matamoros

En esta parcela el porcentaje de clorosis no fue tan grave, a eso se debe que no afectó el desarrollo del cultivo y por lo tanto no hubo diferencias entre tratamientos en altura de planta (Discutido en el punto 7.4.2); sin embargo, si encontramos diferencias altamente significativas entre tratamientos en porcentaje de clorosis y los mejores resultados se obtienen al aplicar 10 t ha⁻¹ de compost adicionada con 50% y 100% de fertilizante químico (Cuadro 9). Nuevamente los tratamientos con el mayor porcentaje de clorosis corresponden a aquellos que no se les aplicó el compost (0-0, 0-50, 0-100)(Figura 5 del anexo), se puede concluir que la actividad microbiana del suelo resultado del compost aporta una gran cantidad de nutrientes y contribuye a reducir la clorosis (Rroco *et al.*, 2003; Velarde *et al.*, 2004).

En aquellos tratamientos que contienen compost de cachaza pero no tienen fertilizante químico (5-0, 10-0) el porcentaje de clorosis es mayor que en los tratamientos en que se combina el compost de cachaza con el fertilizante químico, coincidiendo con otras investigaciones en las que se encontró que la materia orgánica ayuda a la mineralización del fertilizante químico lo que permite obtener mejores resultados (Matheos, 2004; Sludge *et al.*, 2008)

Cuadro 9. Análisis de varianza y prueba de comparación de medias de la variable porcentaje de clorosis de cultivo de sorgo en San Juan raboso, Izúcar de Matamoros

Concepto	Días después de la siembra						
	18	32	46	60	74	88	102
F Calculada	Infinito	7.23	6.88	9.02	14.10	15.00	11.35
Prob. F	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
CV	0	36.69	40.54	42.32	29.06	23.23	34.42
Tratamientos	Prueba de Tukey						
0 - 0	10.00 b	25.00 a	50.00 a	55.00 a	50.00 a	65.00 a	60.00 a
0 - 50	5.00 a	15.00 abc	30.00 ab	50.00 a	50.00 a	55.00 ab	40.00 abc
0 - 100	5.00 a	15.00 abc	30.00 ab	30.00 ab	50.00 a	55.00 ab	50.00 ab
5 - 0	5.00 a	17.50 ab	30.00 ab	35.00 ab	50.00 a	50.00 ab	47.50 ab
5 - 50.	5.00 a	10.00 bc	15.00 bc	12.50 b	17.50 bc	25.00 cd	17.50 dc
5 - 100	5.00 a	10.00 bc	17.50 bc	20.00 b	35.00 ab	35.00 bcd	17.50 dc
10 - 0	5.00 a	12.50 bc	22.50 bc	15.00 b	25.00 bc	40.00 bc	30.00 bcd
10 - 50.	5.00 a	5.00 c	15.00 bc	13.75 b	8.75 c	17.50 d	11.25 d
10 - 100	5.00 a	5.00 c	6.25 c	8.75 b	10.00 c	15.00 d	11.25 d
DSH	0	11.27	23.41	27.12	22.99	22.18	26.19

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes

CV = Coeficiente de Variación

Prob. F = Probabilidad de F

DSH = diferencia significativa honesta

7.6. Determinación de biomasa, en plantas de sorgo

7.6.1. Longitud, peso fresco y peso seco de planta

7.6.1.1. Resultados en Agua Dulce, Tilapa

En el análisis estadístico de las variables, longitud, peso fresco y peso seco de planta (Cuadro 12) en tratamiento de parcela chica (TPCH), encontramos diferencias altamente significativas en todos los muestreos.

En la Figura 6 y 7 se grafican el último muestreo a los 146 días después de la siembra, identificándose los mejores tratamientos con mayor longitud de planta y mayor cantidad de biomasa, correspondiendo a los que fueron tratados con cinco y diez $t\ ha^{-1}$ de compost de cachaza. Esta acumulación de biomasa deja ver que existe una buena nutrición en la planta que es consecuencia del balance que se establece entre la tasa de producción de carbohidratos por la fotosíntesis y la tasa de utilización en los procesos respiratorios (Quintero y Casanova, 2000).

En el Cuadro 12 a partir del cuarto muestreo se muestra interacción en longitud de planta entre parcela grande (TPG) y parcela chica (TPCH) eso explica que el compost de cachaza no cubre el 100% de la necesidad de hierro de la planta, por lo que al aplicar sulfato ferroso vía folia se cubre la necesidad del cultivo, alcanzando mayor longitud al suministrarle el hierro que necesita, razón por la que la planta aumenta su desarrollo y alcanza mayor cantidad de biomasa, confirmando que la deficiencia de Fe afecta a la planta en su totalidad, disminuyendo la actividad de crecimiento y por ende la cantidad de biomasa, (Zocchi *et al.*, 2007).

En un estudio realizado con maíz (*Zea mayz L*) y sorgo(*Sorghum bicolor L*) refieren que la concentración y absorción de Fe tiene efectos significativos en el incremento y la concentración de materia seca y por el contrario las plantas extremadamente afectadas mostraron una producción de materia seca más baja y presentaron una clorosis completa (Ortega-Blu y Molina-Roco, 2007).

Cuadro 10. Análisis de varianza de las variables longitud de planta, peso fresco y peso seco de planta de sorgo en Agua Dulce, Tilapa.

Días después de la siembra	Variable	F Calculada		F Calculada		F Calculada	
		TPG	Pro. F	TPCH	Pro. F	Im TPG vs TPCH	Pro. F
28	LPL	0.70	0.4084	3.24 ^{ab}	0.0082	1.32	0.2714
	PFPL	0.69	0.3309	6.06 ^{ab}	0.0001	1.49	0.2013
	PSPL	0.69	0.3619	7.74 ^{ab}	0.0001	1.67	0.1746
42	LPL	1.44	0.2394	14.73 ^{ab}	0.0001	0.67	0.7084
	PFPL	1.08	0.3130	7.09 ^{ab}	0.0001	0.63	0.8221
	PSPL	0.08	0.8237	7.30 ^{ab}	0.0001	0.60	0.8462
60	LPL	6.46 ^a	0.0269	11.60 ^{ab}	0.0001	0.69	0.4537
	PFPL	1.98	0.1726	6.30 ^{ab}	0.0001	0.23	0.6620
	PSPL	2.62	0.1029	7.39 ^{ab}	0.0001	0.31	0.6653
77	LPL	13.69 ^{ab}	0.0008	10.33 ^{ab}	0.0001	3.01 ^a	0.0124
	PFPL	2.42	0.1299	6.06 ^{ab}	0.0004	1.09	0.3039
	PSPL	2.93	0.0999	4.73 ^{ab}	0.0007	0.99	0.4601
118	LPL	61.26 ^{ab}	0.0001	22.10 ^{ab}	0.0001	6.00 ^{ab}	0.0001
	PFPL	6.67 ^{ab}	0.0050	12.17 ^{ab}	0.0001	1.03	0.4312
	PSPL	11.34 ^{ab}	0.0020	14.09 ^{ab}	0.0001	1.32	0.2679
146	LPL	81.91 ^{ab}	0.0001	27.77 ^{ab}	0.0001	13.67 ^{ab}	0.0001
	PFPL	0.69	0.4823	23.64 ^{ab}	0.0001	4.41 ^{ab}	0.0011
	PSPL	6.29 ^a	0.0296	29.06 ^{ab}	0.0001	3.84 ^{ab}	0.0041

^{ab} = Altamente significativo al .01 ^a = Significativo al .05
 LPL = Longitud de planta PFPL = Peso fresco de planta PSPL = Peso seco de planta
 TPCH = Tipo de parcela chica aplicación de cachaza con fertilizante químico.
 TPG = Parcela grande aplicación de FeSO₄ Pro. F = Probabilidad de F

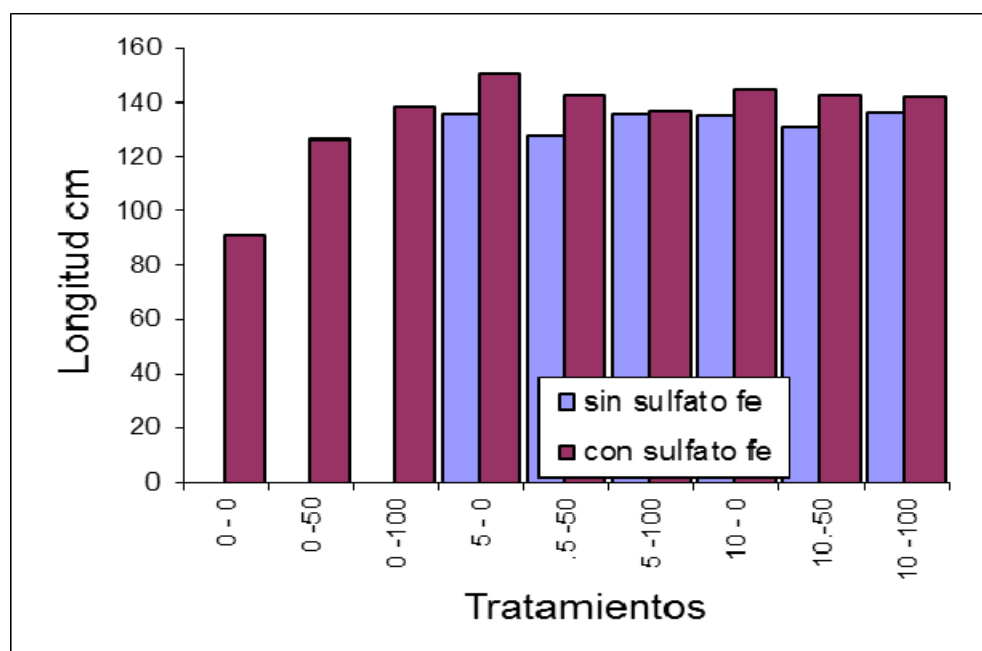


Figura 6. Longitud de planta de sorgo, a los 146 días después de la siembra en Agua Dulce, Tilapa.

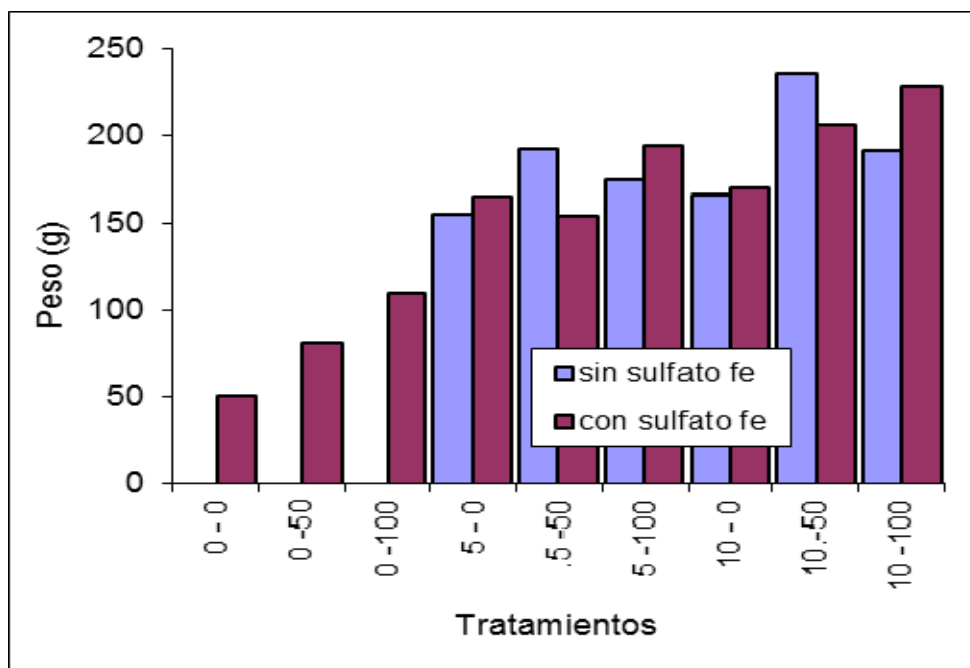


Figura 7. Peso seco de planta de sorgo, a los 146 días después de la siembra en Agua Dulce, Tilapa.

7.6.1.2. Resultados de longitud, peso fresco y peso seco de planta de sorgo, en San Juan Raboso, Izúcar de Matamoros

En este lote experimental, el comportamiento del cultivo diferente, ya que no se observaron diferencias, excepto en el tratamiento que carece del compost de cachaza cuyo desarrollo siempre fue menor, con mayor porcentaje de clorosis y en los resultados estadísticos de longitud de planta (Cuadro 11) podemos ver que en general no hay mucha variabilidad, lo que también se repite en peso fresco y peso seco (Cuadros 3 y 4 del anexo) esto puede deberse a la estructura del suelo que permite que en temporada de lluvia rápidamente se sature de agua contribuyendo a aliviar la clorosis férrica (Velásquez *et al.*, 2004), además los patrones de deficiencia de hierro es impredecible en toda la temporada de cultivo y la gravedad puede variar de año en año (Naeve and Rehm, 2006).

En comparación de medias, los tratamientos que difieren por tener menor longitud y menor peso corresponden a los que no contienen compost de cachaza (0-0, 0-50, 0-100), confirmando que al existir bloqueo del nutriente hierro, se inhibe el crecimiento

de la planta y por el contrario los tratamientos con compost de cachaza por la CIC, afecta positivamente el desarrollo del cultivo (Venegas *et al.*, 2005), incrementándose la cantidad de biomasa.

Cuadro 11. Análisis de varianza y prueba de comparación de medias de la variable longitud de planta de sorgo en San Juan Raboso, Izúcar de Matamoros.

Concepto	Días después de la siembra					
	18	32	49	67	102	139
F Calculada	2.77	3.42	2.76	3.38	2.71	4.01
Prob. F	0.0252	0.0092	0.0257	0.0098	0.0281	0.0038
CV	12.7	18.55	17.1	8.37	10.4	7.44
Tratamientos	Prueba de Tukey					
0 - 0	15.18 b	29.62 a	59.50 b	91.50 b	117.88 b	123.37 b
0 - 50	19.87 ab	40.75 a	73.75 ab	105.87 ab	146.75 ab	153.25 a
0 - 100	18.31 ab	30.18 a	64.37 ab	107.25 ab	146.13 ab	146.50 ab
5 - 0	18.75 ab	40.62 a	63.25 ab	98.25 ab	143.00 ab	147.62 ab
5 - 50.	21.00 ab	39.62 a	75.25 ab	100.37 ab	148.63 ab	153.00 a
5 - 100	20.50 ab	37.00 a	75.37 ab	116.37 a	157.25 a	154.87 a
10 - 0	19.43 ab	30.31 a	72.87 ab	105.50 ab	159.50 a	160.87 a
10 - 50.	20.87 ab	46.37 a	81.12 ab	109.62 ab	154.00 ab	157.12 a
10 - 100	22.43 a	45.62 a	86.37 a	116.25 a	157.50 a	158.50 a
DSH	5.98	16.85	29.45	21.26	36.97	26.93

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes CV = Coeficiente de Variación

DSH = diferencia significativa honesta

Prob. F = Probabilidad de F

7.6.2. Longitud, peso fresco y peso seco de raíz en cultivo de sorgo

7.6.2.1. Resultados en Agua Dulce, Tilapa

Los resultados muestran que en estas variables también se obtuvieron diferencias altamente significativas (Cuadro 12) destacándose nuevamente los tratamientos en los que se aplicó el compost de cachaza (Cuadros 5, 6, 7 del anexo), con mayor longitud de raíz y mayor cantidad de biomasa, expresada en materia verde y materia seca, confirmando que la materia orgánica juega un papel importante en la alimentación de hierro de las plantas (Ma *et al.*, 2003), y las sustancias húmicas del suelo pueden contribuir a mejorar la disponibilidad de Fe permitiendo que la planta pueda aprovechar los nutrientes requeridos, con un mayor desarrollo de la raíz. (De

Santiago y Delgado, 2007), lo mismo señalan Pasqualoto *et al.* (2002) en su investigación con ácidos húmicos de compost en cultivo de maíz, encontrando que estas favorecen el desarrollo radical (Chaimsohn *et al.*, 2007).

Al comparar los tratamientos tratados con 5 y 10 t ha⁻¹ de compost, entre parcela chica y parcela grande no se encuentran diferencias significativas. Sin embargo en los primeros tratamientos (0-0, 0-50, 0-100) en el muestreo realizado a los 146 días después de la siembra, en parcela chica no hay desarrollo radical por la falta de materia orgánica (He *et al.*, 2000; Vega *et al.*, 2005); y, en parcela grande, en la que se le aplica sulfato ferroso, la planta permanece aunque con menor desarrollo de raíz y menor cantidad de biomasa. Esto se debe a que al cubrir parte de la necesidad de hierro aplicando el sulfato ferroso vía foliar, la raíz aumenta su desarrollo y la cantidad de biomasa.

Cuadro 12. Análisis de varianza de longitud, peso fresco y peso seco de raíz del cultivo de sorgo en Agua Dulce, Tilapa.

Días después de la siembra	Variable	F Calculada		F Calculada		F Calculada	
		TPG	Pro. F	TPCH	Pro. F	Int TPG x TPCH	Pro. F
26	LRA	0.04	0.8384	1.47	0.2061	0.71	0.6817
	PFRA	1.84	0.1849	1.52	0.1883	1.16	0.3505
	PSRA	2.57	0.1188	6.37**	0.0001	1.96	0.0848
42	LRA	0.30	0.5850	6.80**	0.0001	0.73	0.6674
	PFRA	1.20	0.2818	5.00**	0.0004	0.58	0.7889
	PSRA	0.07	0.7886	5.88**	0.0001	0.60	0.7679
60	LRA	2.80	0.1038	6.42**	0.0001	1.26	0.2975
	PFRA	2.37	0.1333	6.42**	0.0001	0.23	0.9819
	PSRA	3.34	0.0771	7.08**	0.0001	0.38	0.9238
77	LRA	0.13	0.7237	5.65**	0.0002	0.77	0.6304
	PFRA	1.20	0.2817	4.59**	0.0008	0.74	0.6593
	PSRA	1.58	0.2183	3.94**	0.0025	0.81	0.5987
118	LRA	9.56**	0.0041	13.81**	0.0001	3.02*	0.0120
	PFRA	3.94	0.0557	7.39**	0.0001	1.04	0.4252
	PSRA	5.70*	0.0230	7.44**	0.0001	1.23	0.3117
146	LRA	31.59**	0.0001	16.81**	0.0001	4.36**	0.0012
	PFRA	0.00	0.9529	10.62**	0.0001	1.73	0.1283
	PSRA	0.97	0.3329	9.68**	0.0001	1.26	0.3001

** =Altamente significativo al .01

* =Significativo al .05

LRA= Longitud de Raíz

PFRA=Peso fresco de raíz

PSRA=Peso seco de raíz

TPCH= Tipo de parcela chica aplicación de cachaza con fertilizante químico.

TPG = Parcela grande aplicación de FeSO₄

Prob. F=Probabilidad de F

7.6.2.2. Resultados de longitud, peso fresco y peso seco de raíz del cultivo de sorgo, en San Juan Raboso

Los resultados de análisis de varianza de longitud de raíz (Cuadro 13), no reflejan diferencias significativas sin embargo en la comparación de medias entre tratamientos deja ver que los que contienen compost de cachaza, por la aportación de materia orgánica, incrementa la CIC y favorece la proliferación de microorganismos permitiendo incrementar el crecimiento radical (Molina, 2000), acumulando mayor cantidad de biomasa que se expresa en materia verde y materia seca (Cuadros 8, 9 del anexo).

Entre los tratamientos que no contienen compost de cachaza (0-0, 0-50, 0-100), el que menor longitud de raíz alcanzó y menor peso es el que no contiene fertilizante químico; los que no contienen compost de cachaza pero si tienen fertilizante químico, alcanzaron mayor longitud y mayor cantidad de biomasa, esto se debe a que por la lluvia la clorosis no fue tan grave (Velásquez *et al.*, 2004; Naeve and Rehm, 2006), existiendo mineralización de los fertilizantes químicos y la planta pudo absorberlos; esto permite aseverar que son suelos delgados con carencia de macroelementos (NPK) que al ser aplicados existe mineralización y son aprovechados por la planta.

Cuadro 13. Análisis de varianza y prueba de comparación de medias de la variable longitud de raíz de San Juan Raboso, Izúcar de Matamoros.

Concepto	Días después de la siembra					
	18	32	49	67	102	139
F Calculada	1.18	1.26	1.65	4.42	1.66	1.02
Prob. F	0.3532	0.3116	0.1639	0.0022	0.1612	0.4497
CV	21.21	23.29	15.39	11.45	15.87	95.73
Tratamientos	Prueba de Tukey					
0 - 0	5.5 a	7.18 a	13.75 a	16.50 b	17.81 a	13.75 a
0 - 50	6.75 a	9.12 a	18.18 a	15.75 b	19.06 a	17.38 a
0 - 100	6.56 a	8.25 a	15.75 a	18.00 ab	16.31 a	14.50 a
5 - 0	6.56 a	8.43 a	17.25 a	18.50 ab	17.81 a	15.50 a
5 - 50.	5.68 a	9.00 a	14.87 a	19.25 ab	18.87 a	43.63 a
5 - 100	7.81 a	9.06 a	14.25 a	19.75 ab	18.62 a	15.38 a
10 - 0	7.62 a	11.06 a	17.56 a	20.75 ab	19.81 a	17.50 a
10 - 50.	7.06 a	8.68 a	17.50 a	20.75 ab	22.50 a	17.38 a
10 - 100	6.62 a	10.62 a	16.50 a	23.25 a	21.81 a	17.88 a
DSH	3.41	5.06	5.98	5.27	7.32	44.19

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes

CV = Coeficiente de Variación

DSH = diferencia significativa honesta

Prob. F = Probabilidad de F

7.6.3. Longitud, peso fresco y peso seco de espiga del cultivo de sorgo

7.6.3.1. Resultados en Agua Dulce, Tilapa

A los 118 días después de la siembra las plantas habían espigado y los datos estadísticos muestran diferencias altamente significativas, tanto en parcela chica como en parcela grande (Cuadro 14). En la figura ocho y nueve podemos identificar los mejores tratamientos. En parcela chica (sin sulfato Fe), las espigas que alcanzan mayor longitud corresponden a los tratamientos con cinco y diez t ha⁻¹ de compost de cachaza a diferencia de los tratamientos que carecen del compost en las que no prosperó el cultivo y por lo tanto no hay espigas; lo mismo se observa en parcela grande (con sulfato Fe) en este caso los tratamientos 0-0, 0-50 y 0-100 son los que presentan menor longitud de espiga.

En cantidad de biomasa (Figura 9) expresado en peso seco, en parcela chica, las espigas que alcanzan mayor peso corresponden a las tratadas con 5-50, 5-100, 10-50 y 10-100, por la acción de los microorganismos la planta puede aprovechar los fertilizantes minerales (Matheus, 2004). Se puede aseverar que es importante la combinación del compost de cachaza y fertilizante químico, puesto que en los tratamientos 5-0 y 10-0 el peso de espiga fue mucho menor que en los demás tratamientos en la que se combinan los fertilizantes. Finalmente en los tratamientos que no contienen compost de cachaza, una dosificación de sulfato ferroso no es suficiente y se refleja en el peso de espiga que alcanza el menor peso, esto se debe a que el Fe es un nutriente esencial y su escasez altera la morfología y fisiología de las plantas (Mahmoudi *et al.*, 2009).

Cuadro 14. Análisis de varianza de las variables longitud, peso fresco y peso seco de espiga del cultivo de sorgo en Agua Dulce, Tilapa.

Días después de la siembra	Variable	F Calculada		F Calculada		F Calculada	
		TPG	Pro. F	TPCH	Pro. F	Int TPG x TPCH	Pro. F
118	LES	14.86**	0.0005	29.17**	0.0001	10.83**	0.0001
	PFES	14.37**	0.0006	16.00**	0.0001	1.07	0.4094
	PSES	13.02**	0.0010	17.74**	0.0001	2.57*	0.0273
146	LES	41.52**	0.0001	47.81**	0.0001	16.83**	0.0001
	PFES	12.29**	0.0014	29.53**	0.0001	5.02**	0.0004
	PSES	15.04**	0.0005	36.54**	0.0001	4.33**	0.0013

** =Altamente significativo al .01

* =Significativo al .05

LES= Longitud de espiga

PFES=Peso fresco de espiga

PSES=Peso seco de espiga

TPCH= Tipo de parcela chica aplicación de cachaza con fertilizante químico.

TPG = Parcela grande aplicación de FeSO₄

Pro. F = Probabilidad de F

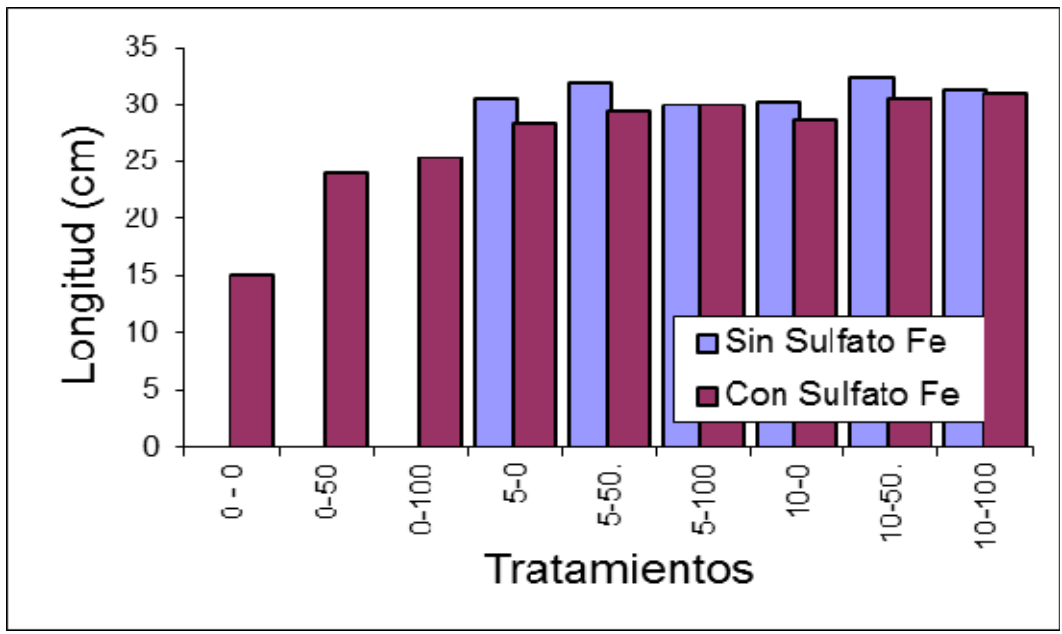


Figura 8. Longitud de espiga del cultivo de sorgo a los 146 días después de la siembra en Agua Dulce, Tilapa.

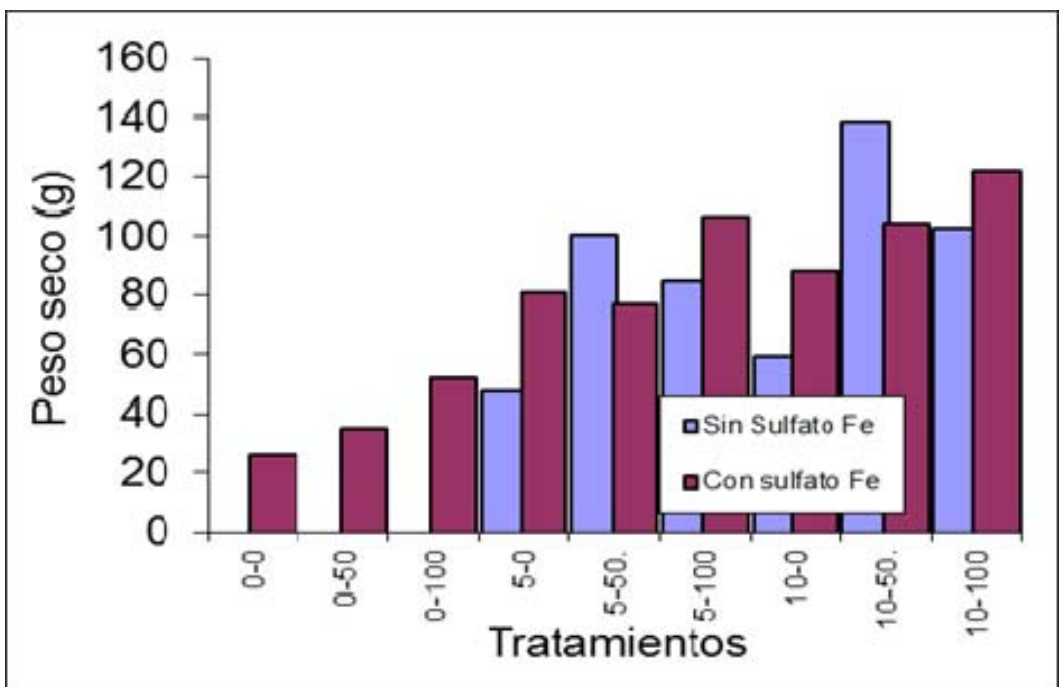


Figura 9. Peso seco de espiga del cultivo de sorgo a los 146 días después de la siembra en Agua Dulce, Tilapa.

7.6.3.2. Resultados de longitud, peso fresco y peso seco de espiga del sorgo en San Juan Raboso, Izúcar de Matamoros.

Los datos estadísticos de longitud y cantidad de biomasa en esta parcela, en el primer muestreo a los 103 días después de la siembra refleja una diferencia altamente significativa y en el segundo muestreo a los 139 días no existe diferencia alguna (Cuadro 10 anexos). En la prueba de medias, en peso fresco (Cuadro 11 anexos), la espiga con menor peso corresponde al tratamiento que no contiene compost ni fertilizante químico (0-0), todos los demás tratamientos son iguales, lo mismo se refleja en peso seco (Cuadro 15), la espiga que presenta menor peso es el tratamiento que carece de compost de cachaza y químico (0-0). Esto lleva a entender por qué la clorosis tiene una reducción importante en el rendimiento. (Diers *et al.*, 1991) y que la materia orgánica influye en que la planta pueda asimilar el Fe requerido (Cortinas y Miller, 1999).

Cuadro 15. Análisis de varianza y prueba de comparación de medias de la variable peso seco de espiga del sorgo en San Juan Raboso, Izúcar de Matamoros.

Concepto	Días después de la siembra	
	102	139
F calculada	4.54	2.14
Prob F	0.0018	0.0717
CV	43.92	31.33
Tratamientos	Prueba de Tukey	
0 - 0	3.23 b	16.05 b
0 - 50	7.89 ab	30.05 ab
0 - 100	6.53 b	33.07 ab
5 - 0	12.17 ab	32.62 ab
5 - 50.	12.64 ab	38.87 ab
5 - 100	14.28 ab	28.91 ab
10 - 0	13.05 ab	41.20 a
10 - 50.	20.19 a	36.17 ab
10 - 100	20.07 a	38.23 ab
DSH	12.91	24.7

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes

DHS= Diferencia significativa honesta.

7.7. Cosecha y rendimiento de sorgo

7.7.1. Resultados en Agua Dulce

Los resultados expuestos en el Cuadro 16, en la parcela experimental de Agua Dulce, el análisis de varianza de las variables peso de planta, peso de espiga, peso de 100 semillas y rendimiento de grano en los tratamientos de parcela grande (TPG) y parcela chica (TPCH), muestra una diferencia estadística altamente significativa, incluso en el peso de cien semillas (P100) también encontramos variabilidad altamente significativa en parcela chica, lo que deja ver que la deficiencia férrica afecta el peso de grano, confirmando lo que otros autores han encontrado en investigaciones en otros cultivos que la clorosis férrica por deficiencia en actividad fotosintética afecta tamaño, calidad y peso de los frutos (Razeto y Palacios, 2005).

En comparación de medias se puede ver que la diferencia entre tratamientos se debe principalmente al uso del compost, reflejándose en los tratamientos en los que no se aplicó el compost de cachaza (0-0, 0-50 y 0-100) son los que tienen menor peso, y fue tan severa la deficiencia que en el primer tratamiento impidió que la planta desarrollara e incluso se pudo constatar que en el 90% de ellas murieron por lo que la producción fue insignificante (0, 90 y 833 kg ha⁻¹) en parcela chica (Figura 10) y en parcela grande tratadas con sulfato ferroso, en los tratamientos que no contienen compost, estos alcanzan un poco de mayor rendimiento (2.433, 3.566, 5.745), confirmando lo que señala Álvarez *et al.*, (2005) y Hansen *et al.*, (2003), quienes mencionan que la clorosis férrica limita el desarrollo de la planta y es responsable de la pérdida del rendimiento.

En los tratamientos que contienen compost de cachaza pero no contienen fertilizante químico (5-0, 10-0) el rendimiento es menor, comparados con los tratamientos en los que se combina el compost con el fertilizante químico por lo que podemos aseverar que estos son los mejores tratamientos, considerando que son suelos delgados con deficiencia de macronutrientes (N,P,K). Sin duda esto muestra que la adición de compost de cachaza como materia orgánica en suelos calcáreos juega un papel de suma importancia por su alto contenido de microelementos y, en este caso la cachaza ha demostrado que induce cambios bioquímicos a nivel rizósfera, afectando

considerablemente la solubilidad y la disponibilidad de nutrientes minerales (Martínez *et al.*, 2009); estos resultados concuerdan con los encontrados por Arreola *et al.*, (2004) en un trabajo realizado con caña de azúcar y cachaza, indicando que es posible incrementar el rendimiento de caña de azúcar y simultáneamente evitar la contaminación ambiental provocada por los fertilizantes químicos y por la cachaza arrojada a los cuerpos de agua.

Cuadro 16. Comparación de medias de las variables peso de planta, peso de espiga, peso de 100 semillas y rendimiento de grano, en Agua Dulce, Tilapa.

Variables Evaluadas	F Calculada		F Calculada		F Calculada	
	TPG	Pro. F	TPCH	Pro. F	Int TPG x TPCH	Pro. F
PPL	9.62**	0.0040	26.06**	0.0001	5.05**	0.0004
PES	30.68**	0.0001	14.02**	0.0001	3.4**	0.0062
P100	7.46*	0.0102	8.64**	0.0001	3.24**	0.0081
RTO. t ha	33.47**	0.0001	17.89**	0.0001	2.75*	0.0197

**=Altamente significativo P < 0.01

*= Significativo P < 0.05

PPL= Peso de planta

PES=Peso de espiga

P100=Peso de 100 semillas

TPCH= Tipo de parcela chica, aplicación de cachaza con fertilizante químico

TPG = Parcela grande aplicación de FeSO₄

Pro. F= Probabilidad de F

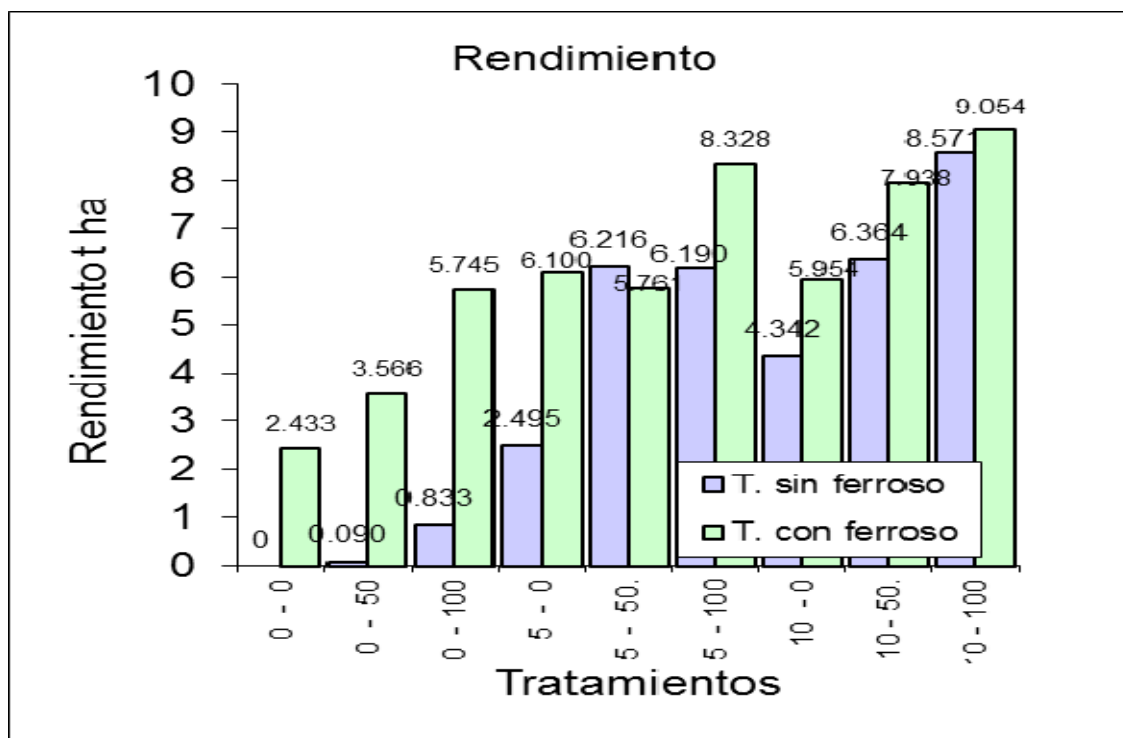


Figura 10. Rendimiento de grano del cultivo de sorgo, t ha⁻¹ en Agua Dulce, Tilapa.

7.7.2. Resultados de rendimiento de grano en cultivo de sorgo en San Juan Raboso, Izúcar de Matamoros

En el Cuadro 17 se observa un efecto altamente significativo ($p < 0.01$) entre tratamientos para las variables peso de planta, peso de espiga, peso de 100 semillas y rendimiento de grano; en la prueba de medias se destacan los tratamientos que corresponden a 5-50, 5-100, 10-50 y 10-100 con mayor rendimiento, confirmando que la clorosis férrica es uno de los factores que afecta directamente el rendimiento del cultivo (Hansen *et al.*, 2003; Kiaw *et al.*, 2008). Por otro lado en los tratamientos que no contienen compost (0-0, 0-50, 0-100) el de menor rendimiento es el que no contiene químico (0-0); lo mismo sucede con los tratamientos con 5 y 10 t ha⁻¹ pero que no contienen fertilizante químico, el rendimiento comparados con el resto de los tratamientos.

Cuadro 17. Prueba de comparación de medias de las variables peso de planta, peso de espiga, peso de 100 semillas y rendimiento de grano en San Juan Raboso, Izúcar de Matamoros.

Concepto	Variables evaluadas			
	PPL	PES	P100	Rto. t ha
Valor F	5.59	7.94	5.18	17.49
Pro. F	0.0005	0.0001	0.0008	0.0001
CV	22.96	21.38	7.4600	15.18
Tratamientos	Prueba de media de Tukey			
0 - 0	1.48 c	0.45 d	2.27 d	2,375.0 e
0 - 50	2.05 c	0.56 cd	2.31 dc	3,187.5 de
0 - 100	1.95 c	0.63 cd	2.40 bcd	3,598.2 de
5 - 0	2.23 abc	0.75 bcd	2.74 abc	4,339.3 cd
5 - 50.	2.51 abc	0.89 abc	2.64 abcd	5,410.7 abc
5 - 100	2.61 abc	0.90 abc	2.69 abcd	6,125.0 ab
10 - 0	2.13 bc	0.77 bcd	2.64 abcd	4,839.3 bcd
10 - 50.	3.39 ab	1.05 ab	2.80 ab	6,383.9 ab
10 - 100	3.49 a	1.22 a	2.90 a	6,696.4 a
DSH	1.34	0.41	0.46	1,741.70

** =Altamente significativo $P < 0.01$ CV=Coeficiente de variación

PPL= Peso de planta PES= Peso de espiga

P100= Peso de 100 semillas DSH = Diferencia significativa honesta

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes

VIII. CONCLUSIONES

De acuerdo a los objetivos, la hipótesis y una vez analizados los resultados, se concluye lo siguiente:

- El compost de cachaza suministra a la planta el hierro requerido, disminuyendo la clorosis, por lo tanto la hipótesis de que el compost de cachaza pone a disponibilidad del cultivo el hierro requerido disminuyendo la presencia de clorosis férrica, no se rechaza.
- En los tratamientos que contenían compost de cachaza, la planta alcanzó mayor desarrollo, por lo tanto la hipótesis planteada de que el compost de cachaza por la cantidad de materia orgánica que contiene, tiene un efecto positivo en el desarrollo y rendimiento del cultivo de sorgo, la hipótesis no se rechaza.
- Son pocos los productores que aplican la cachaza debido al desconocimiento de los sus beneficios, por lo tanto la hipótesis de que los productores desconocen los efectos de la cachaza sobre las propiedades edáficas, no se rechaza.
- El compost de cachaza aplicada en suelos calcáreos reduce la clorosis férrica en un 80% y si la deficiencia es muy severa, se hace necesaria la aplicación de sulfato ferroso vía foliar corrigiendo la deficiencia de hierro, disminuyendo la sintomatología de clorosis hasta en un 90%.
- La aplicación de 10 t ha⁻¹ de compost de cachaza en suelos calcáreos suministra el Fe requerido por el cultivo de sorgo (*Sorghum bicolor* L.) e incrementa el rendimiento de grano alcanzando hasta 8 t ha⁻¹, lo que representa un 35% más de producción del promedio regional.

- Con la información obtenida de la región de Izúcar de Matamoros fue posible diseñar la estrategia de mejoramiento de suelos calcáreos a través del uso de compost de cachaza.
- El fertilizante químico no tiene ningún efecto en suelos calcáreos, si no se corrige la deficiencia férrica y si el terreno de cultivo no contiene suficiente materia orgánica.
- Es posible la recuperación de la fertilidad de suelos calcáreos, mediante la incorporación de compost de cachaza, corrigiendo la clorosis férrica y aumentando el rendimiento.

IX. ESTRATEGIA DE UTILIZACIÓN DEL COMPOST DE CACHAZA EN SUELOS CALCÁREOS

9.1. Contexto

En la zona de estudio que comprende la región de Izúcar de Matamoros que se encuentra dentro del Valle de Matamoros, las propiedades químicas de los suelos presentan condiciones alcalinas y calcáreas que pueden limitar la disponibilidad de micronutrientes, como consecuencia de la pérdida de materia orgánica, de nitrógeno, y en consecuencia pérdida de fertilidad que está relacionada con el manejo inadecuado de este recurso (SAGARPA. 2009). Como ya se comentó anteriormente estas características repercuten en la obtención de bajos rendimientos. Bajo este marco es preciso desarrollar una estrategia que permita corregir las deficiencias nutrimentales y preservar la fertilidad del suelo bajo un enfoque sustentable, a través de prácticas apropiadas de manejo (aporte de compost de cachaza).

Fue preciso realizar un sondeo entre agricultores de las localidades de Agua Dulce, Casa Blanca, pertenecientes al Municipio de Tilapa y la comunidad de San Juan Raboso, Municipio de Izúcar de Matamoros; mediante la aplicación de un cuestionario que ayudó a elaborar un pre-diagnóstico y que permitió conocer el sentir de los productores en relación al uso de materia orgánica y el conocimiento que tiene sobre el manejo de suelos calcáreos.

En esta región se cuenta con infraestructura adecuada para el desarrollo de la estrategia propuesta, pues existen instituciones como: La Brigada de Educación para el Desarrollo 001 (B.E.D.R. 001) perteneciente a la Secretaría de Educación Pública que puede participar en la organización y capacitación de productores. El Centro de Bachillerato Tecnológico Agropecuaria No. 185 en donde se pueden realizar demostraciones sobre el uso del compost, además los agricultores de esta región se encuentran agremiados en dos grandes organizaciones, por un lado la Confederación Nacional de Productores Rurales (CNPR) que agrupa a los productores cañeros y por el otro la organización de sorgueros. El Distrito de Desarrollo Rural 006 y la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) a través de las que se manejan los programas de

apoyo a los productores y que mediante ellos se pueden proporcionar la asistencia técnica y elaborar folletos y trípticos para la divulgación. La Universidad Tecnológica de Izúcar de Matamoros (UTIM) que cuenta con laboratorio para análisis de suelo y la Sociedad de Producción Rural “Tecnificando el Campo” que está trabajando con el composteo de la cachaza y que puede proveer el compost.

Cuadro 18. Matriz de potencialidades limitaciones y problemas

Ámbito	Potencialidades	Limitaciones	Problemas
Biofísico	Suelos con alto potencial productivo Una superficie de 28,907 ha de cultivo (INEGI 2007.	Falta de agua Alta concentración de carbonatos Baja productividad No se realizan análisis de suelo.	Baja precipitación pluvial Deficiente manejo agronómico por parte de los productores.
	45 mil t de desechos orgánicos (cachaza) generados por el ingenio de Atencingo.	Poco o nulo aprovechamiento por parte de productores, porque se requiere previo composteo.	Alto costo de adquisición Desconocimiento de los beneficios potenciales de este recurso.
Económico	Programas de apoyo con financiamiento para adquisición de abonos orgánicos.	Programas dirigidos a productores de nivel medio o alto.	Programas centralizados dirigidos con intereses personales o políticos.
Cultural	Conocimiento sobre el uso de fertilizantes químicos y orgánicos.	Conocimiento empírico sobre el uso de fertilizantes.	Falta de capacitación y asistencia técnica.
	Existe generación de tecnologías propias para esta región.	Falta de recursos económicos para invertir en tecnología.	Desconocimiento de los apoyos del gobierno y difícil acceso a ellos.
		Desconocimiento del	Falta de

Político - social	Presencia de organizaciones e instituciones. Agricultores agremiados a organización de productores como cañeros, sorgueros y maiceros.	productor de esas nuevas tecnologías Bajo nivel de consenso de los planes. Falta de interés de dichas asociaciones en sus agremiados.	seguimiento y divulgación continua Nulo nivel de coordinación interinstitucional. Falta de credibilidad del productor hacia sus líderes.
-------------------	---	---	--

9.2. Marco legal, de la Ley de Desarrollo Rural Sustentable

CAPÍTULO IV

4.2.1 De la Reconversión Productiva Sustentable

Artículo 53.- Los gobiernos, federal y estatales estimularán la reconversión, en términos de estructura productiva sustentable, incorporación de cambios tecnológicos, y de procesos que contribuyan a la productividad y competitividad del sector agropecuario, a la seguridad y soberanía alimentarias y al óptimo uso de las tierras mediante apoyos e inversiones complementarias.

Artículo 54.- El Estado creará los instrumentos de política que aseguren alternativas para las unidades de producción o las ramas del campo que vayan quedando rezagadas o excluidas del desarrollo. Para ello tendrán preferencia las actividades económicas que preserven el equilibrio de los agroecosistemas.

Artículo 55.- Los apoyos para el cambio de la estructura productiva tendrán como propósitos:

- I. Responder eficientemente a la demanda nacional de productos básicos y estratégicos para la planta industrial nacional;
- II. Atender a las exigencias del mercado interno y externo, para aprovechar las oportunidades de producción que representen mejores opciones de capitalización e ingreso;
- III. Fomentar el uso eficiente de las tierras de acuerdo con las condiciones agroambientales, y disponibilidad de agua y otros elementos para la producción;
- IV. Estimular la producción que implique un elevado potencial en la generación de empleos locales;
- V. Reorientar el uso del suelo cuando existan niveles altos de erosión o impacto negativo sobre los ecosistemas;
- VI. Promover la adopción de tecnologías que conserven y mejoren la productividad de las tierras, la biodiversidad y los servicios ambientales.
- VII. Incrementar la productividad en regiones con limitantes naturales para la producción, pero con ventajas comparativas que justifiquen la producción bajo condiciones controladas; (PROPAGACION EN LA ZONA).
- VIII. Fomentar la producción hacia productos con oportunidades de exportación y generación de divisas, dando prioridad al abastecimiento nacional de productos considerados estratégicos; y
- IX. Fomentar la diversificación productiva y contribuir a las prácticas sustentables de las culturas tradicionales.

Artículo 56.- Se apoyará a los productores y organizaciones económicas para incorporar cambios tecnológicos y de procesos tendientes a:

- I. Mejorar los procesos de producción en el medio rural;

- II. Desarrollar economías de escala;
- III. Adoptar innovaciones tecnológicas;
- IV. Conservar y manejar el medio ambiente;
- V. Buscar la transformación tecnológica y la adaptación de tecnologías y procesos acordes a la cultura y los recursos naturales de los pueblos indígenas y las comunidades rurales;
- VI. Reorganizar y mejorar la eficiencia en el trabajo;
- VII. Mejorar la calidad de los productos para su comercialización;
- VIII. Usar eficientemente los recursos económicos, naturales y productivos;
- IX. Mejorar la estructura de costos.

4.3 PROGRAMA SECTORIAL DE DESARROLLO AGROPECUARIO Y PESQUERO

OBJETIVO 10 Revertir el deterioro de los ecosistemas, a través de acciones para preservar el agua, el suelo y la biodiversidad.

La preservación del medio ambiente y la biodiversidad en los ecosistemas será un elemento transversal de las políticas públicas. La reversión del deterioro e los ecosistemas contribuirá a conciliar la sustentabilidad del medio ambiente con el desarrollo económico.

9.3. Objetivo

Recuperar y preservar la fertilidad de suelos calcáreos mediante prácticas de manejo sustentable en el uso y aprovechamiento del compost de cachaza como enmienda orgánica.

9.4. Líneas de Acción

- 1.- Establecer acuerdo de trabajo interinstitucional con las dependencias y organismos que participaran en este proyecto.
- 2.- Realización de un proyecto sobre el manejo, recuperación y preservación de la fertilidad de suelos calcáreos, bajo un enfoque sustentable.
- 3.- Elaborar un programa de capacitación sobre: Elaboración y manejo del compost de cachaza y su aplicación.
- 4.- Elaborar y ejecutar programa de asesoría y asistencia técnica sobre aplicación y manejo de los fertilizantes orgánicos.
- 4.- Realizar convenio de trabajo con grupo de productores a fin de que ellos sean los protagonistas de su propio desarrollo.
- 5.- Elaborar y ejecutar programa de muestreo y análisis de suelos.
- 6.- Iniciar trabajo con productores desarrollables mediante el establecimiento de parcelas demostrativas.
- 7.- Elaborar trípticos y o folletos informativos.
- 8.- Con 45,000 t de compost de cachaza composteada se podrán beneficiar el primer año 2500 ha, considerando que se aplicarían 10 t de compost de cachaza por ha. El segundo año se beneficiarán otras 2500 ha y a partir del tercer año se inicia a reforzar las primeras 2500 ha, aplicando solamente 5 t ha, permitiendo beneficiar a otras 1250 ha. En el cuarto año se reforzaría las 2500 ha que se habilitaron en el segundo año y otras 1250 ha, haciendo un total de 11750 ha habilitadas hasta el cuarto año. En el quinto año se refuerzan las 1250 ha del tercer año y 1875 ha más, en el sexto año se refuerzan las 1250 ha del cuarto año y otras 1875 ha. En el séptimo y octavo año se reforzarían las 11250 ha ya beneficiadas, aplicando 5 t ha, y

en el noveno año se beneficiarían otras 2500 ha y en el décimo año otras 2500 ha, haciendo un total al décimo año de 16750 ha.

A partir del onceavo año continuar reforzando cada dos años con 5 t ha de cachaza, e incluir las siguientes ha lo que permitiría conservar la fertilidad del suelo.

9.5. Actores principales en el proyecto y sus funciones

BEDR 001 Y Colegio de Postgraduados. Tendrá la responsabilidad de elaborar el programa de capacitación sobre el manejo de suelos calcáreos bajo un enfoque de aprovechamiento sustentable, así como de la impartición de algunos cursos y de la organización de productores; tendrá relación directa con los campesinos, así como las instituciones financieras que sostendrán este proyecto. Dentro de sus funciones sustantivas estará dar asesoría en el establecimiento de parcelas demostrativas.

UTIM. Se encargará de la realización de los análisis de suelos así como de la interpretación y dictaminación.

CBTa En sus parcelas se establecerán parcelas demostrativas y se programarán recorridos de campo.

PRESIDENCIA MUNICIPAL. Tiene la función primordial de gestionar los recursos económicos con instituciones gubernamentales como SDR, CADER, SAGARPA, FUPUE a través de sus programas internos y el uso de recursos del ramo 33. Dentro de sus funciones primordiales esta informar a la población sobre los programas, gestionar sus recursos y dar asesoría jurídica para el establecimiento de parcelas y adquisición de insumos.

INSTITUCIONES GUBERNAMENTALES SDR, CADER, DDR 06. Son las responsables directas para la gestión federal de los recursos económicos, legales sobre la explotación de los recursos; así mismo, promotores de las cadenas de valor, convenios a largo plazo, y precios de garantía con diversas instituciones privadas.

PRODUCTORES. Son el actor principal del proyecto haciéndolo responsable de realizar las actividades y o acciones que conlleven a alcanzar el objetivo propuesto y estará en contacto directo con las instituciones que lo proveerán de financiamiento, asesoría técnica, asesoría legal y vías de comercialización.

X. LITERATURA CITADA

- Arreola, E. J., D. J. Palma L., S. Salgado G., W. Camacho Ch., J. J. Obrador O., J. F. Juárez L. y L. Pastrana A. 2004. Evaluación de abono órgano-mineral de cachaza en la producción y calidad de la caña de azúcar. *Terra Latinoamericana* 22:351-357.
- Álvarez, R. A., S. García, M., y J. J. Lucena. 2005. Evaluation of synthetic iron(III)-chelates (EDDHA/Fe³⁺, EDDHMA/Fe³⁺ and the novel EDDHSA/Fe³⁺) to correct iron chlorosis. *Europ. J. Agronomy* 22:119-130.
- Avalos, M. A., M. A. Álamos M., G. Rivas M., E. Martínez R. de C., L. Rodríguez D. 2006. Efectos de abonos orgánicos en propiedades físicas del suelo y el rendimiento de maíz forrajero. *In: XVI Congreso Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico Agropecuario (Resúmenes) SEP-SEIT-DGETA, Parras de la Fuente, Coahuila. P. 52.*
- Alcantar, G. G., G. Sandoval V., M. Sánchez G. 2007. Introducción. *In: Nutrición de Cultivos. Editorial Mundi-Prensa México. Colegio de Postgraduados.*
- Basanta, R., M. A. García D., J. E. Cervantes M., H. Mata V., G. Bustos V. 2007. Sostenibilidad del reciclaje de residuos de la agroindustria azucarera: Una revisión. *Cienc. Tecnol. Aliment.* 5(4) 293-305.
- Bocanegra M.P., J.C. Lobartini, G.A. Orioli. 2006. Plant Uptake of Iron Chelated by Humic Acids of Different Molecular Weights. *Soil Science and Plant Analysis* 37(1 & 2), 239–248.
- Braschi, I., Ciavatta, C., Giovannini, C. and Gessa C. 2003. Combined effect of water and organic matter on phosphorus availability in calcareous soils. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 67:67 – 74.
- Castaño, A. s/f. La cachaza de caña como alternativa de abonamiento. http://eraecologica.org/revista_18/era_agricola_18.htm
- Castellanos, Z. J., J. X. Uvalle B. y A. Aguilar S. 2000. 2ª Edición, Manual de Interpretación de Análisis de Suelos y Aguas, Colección INCAPA, 226 p.

- Cortinas, E. H. M., y J. C. Miller, Jr. 1999. Avances en el estudio de la herencia de la clorosis férrica en frijol común. *Agrociencia* 33:47-50.
- Cuellar, A. A.I., Navarro F.A.E.; Gómez R.A.; Navarrete R.D.; Vidal D.L.; Piñón G.D.; Benítez P.L.; Hernández P.J.; González D.J. 2007. Programa de Sostenibilidad de Caña de azúcar 2007 en los ingenios de Atencingo y Calipam del Estado de Puebla. Secretaría de Desarrollo Rural.
- Chad, B., Godsey C. B., Schimidt J. P., Schlegel A. J., Taylor R. K., Thompson C. R. y Gehl R. J. 2003. Correcting iron deficiency in corn with seed row-applied iron sulfate. *Agronomy Journal* 95:160-166.
- Chaimsohn, F.P., Villalobos E., J. Mora U. 2007. El Fertilizante orgánico incrementa la producción de raíces en Pejibaye (*Bactris gasipaes* K.). *Agronomía Costarricense* 31(2): 57-64.
- Del Campillo, M.C. y J. Torrent. 1994. La Clorosis Férrica, predicción a partir de propiedades Edáficas. Departamento de Ciencia y Recursos Agrícolas y Forestales, Universidad de Córdoba p. 59-62.
- De la Isla, de B. M. L. 2009. Agricultura, Deterioro y Preservación ambiental. Colegio de Postgraduados, Edición Mundi-Prensa, México. 166 p.
- De Santiago A., and A. Delgado. 2007. Effects of humic substances on iron nutrition of lupin. *Biol Ferti Soils* 43:829-836.
- Diers, B. W., B. K. Voss, and W. R. Fehr. 1991. Moving-Mean Analysis of field tests for iron efficiency of soybean. *Crop Science* 31:54-56.
- Duchaufour, P. 1970. *Précis de Pedologie*. 13^a. Edición Masson et Cie. Editorial Paris.
- Félix, H. J.A., R. R. Sañudo T., G.E. Rojo M., R. Martínez R. y V. Olalde P. 2008. Importancia de los Abonos Orgánicos. *Ra Ximhai* 4: 57-67.
- Fernández, V., and G. Ebert. 2005. Foliar iron fertilization: A critical review. *Journal of plant nutrition* 28:2113-2124.

- Fuentes, Y. J. L. 2002. Manual práctico sobre utilización de Suelo y Fertilizantes. Ediciones Mundi-Prensa, 1ª Edición, España. pp 160. (ref. p. 69)
- Godsey, Ch., Schmidt J. P., Schlegel A. J., Taylor R. K., Thomson C. R y Gehl R. J. 2003. Correcting Iron Deficiency in Corn with Seed Row–Applied Iron Sulfate. *Agronomy Journal* 95:160-166
- Guerrero, G. A. 2000. Los suelos, los abonos y la fertilización de los cultivos. 2ª. Reimpresión, Ediciones Mundi-Prensa. España. 206 p.
- Genevini, P., Adani F., Veeken A.H.M. y Scaglia B. 2002. Evolution of humic acid-like and core-humic acid-like during high-rate composting of pig faeces amended with wheat straw. *Soil Sci. Plant Nutr.* 48: 135-141.
- Hansen, N. C., M. A. Schmitt, J.E. Anderson and J. S. Strock. 2003. Iron Deficiency of Soybean in the Upper Midwest and Associated Soil Properties. *Agronomy Journal* 95:1595-1601
- Hartwigsen, J. y M. R. Evans 2000. Humic acid seed and substrate treatments promote seedling root development. *Hort. Science* 35(7): 1231-1233.
- Herencia, J. F., J. C. Ruiz, E. Morillo, S. Melero, J. Villaverde y C. Maqueda. 2008. The effect of organic and mineral fertilization on micronutrient availability in soil. *Soil Science* 173(1):69-80.
- He Z., Yang X., Kahn B.A., Stoffella P.J. y Calvert D.V. 2000. Plant nutrition benefits of phosphorus, potassium, calcium, magnesium, and micronutrients from compost utilization. *In: P.J. Stoffella, Kahan B.A. Compost utilization in horticultural cropping systems.* Boca Raton, Lewis Publ. p. 307–320.
- INEGI. 2005. Carta topográfica Escala 1:250.000
- INEGI. 2006. Anuario Estadístico de Puebla 2006, Instituto Nacional de Geografía e Informática. 937 p.
- INEGI. 2007. Censo Agropecuario, Censo Agrícola Ganadero y Forestal.

INEGI. 2008. Mapa digital de México V 5.0

Ishimaru, Y., Kim, S., Tsukamoto T., Oki H., Kobayashi T., Watanabe S., Matsuhashi S., Takahashi M., Nakanishi H., Mori S and Nishizawa N, K. 2007. Mutational reconstructed ferric chelate reductase confers enhanced tolerance in rice to iron deficiency in calcareous soil. www.pnas.org/cgi/dol/10.1073/pnas.0610555104 citado el 2 de noviembre de 2010.

Kyaw, T., R. B. Ferguson, V. I. Adamchuk, D.B. Marx, D.D. Tarkalson, and D.L. McCallister. 2008. Delineating site-specific management zones for pH-induced iron chlorosis. *Precision Agric* 9:71-84.

Labrador, M. J. 2001. La materia orgánica en los agrosistemas, 2ª edición, Ediciones Mundi-Prensa, España, Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación, 293 p.

Lara, M.J.L., R. Vázquez A., E. Olivares, S. y J. F. Pisan, Z. 2004. Tolerancia a Clorosis Férrica de Diferentes Cultivares de Frijol en suelos calcáreos. *Revista Fitotecnia Mexicana* 27, (No. Especial) 43-47.

Ley de desarrollo Rural sustentable. 2001. Última Reforma DOF 02-02-2007

Lemanceau P., Bauer P., Kraemer S. y Briat J. F. 2009. Iron dynamics in the rhizosphere as a case study for analyzing interactions between soils, plants and microbes. *Plant Soil* 321:513

Loué A 1988 Los Micronutrientes en Agricultura. Ed. Mundi-Prensa, Madrid España. pp:13-82

Ma, J.F., H. Ueno, D. Ueno, A. D. Rombola, and T. Iwashita. 2003. Characterization of phytosiderophore secretion under Fe deficiency stress in *Festuca rubra*. *Plant Soil* 256:131-137.

Mahmoudi, H., Labidi N., Ksouri R., Gharsalli M. y Abdelly C. 2007. Differential tolerance to iron deficiency of chickpea varieties and Fe resupply effects. *Comptes Rendus Biologies* 330(3): 237-246.

- Mahomoudi, H., Koyro H.W., Debez A., and Abdelly C. 2009. Comparison of two chickpea varieties regarding their responses to direct and induced Fe deficiency. *Environmental and Experimental Botany* 66. 349-356 journal homepage: www.elsevier.com/locate/envexpbot
- Martínez, H. E., J. P. Fuentes, E. y E. Acevedo, H. 2008. Carbono Orgánico y Propiedades del Suelo. *Revista Ciencia del Suelo y Nutrición Vegetal* 8 (1) (68-96).
- Martínez-Alcalá, I., R. Clemente, y M.P. Bernal. 2009. Metal Availability and Chemical Properties in the Rhizosphere of *Lupinus albus* L. Growing in High-Metal Calcareous Soils. *Water Air Soil Pollut* 201:283 – 293.
- Mateus, J. 2004. Evaluación agronómica del uso de compost de residuos de la industria azucarera (biofertilizante) en el cultivo de maíz (*Zea Mayz* L.) Bioagro. [Onlain]. vol.16, no.3 [citado 05 Noviembre 2010], p.219-224. Disponible en la World Wide Web: <http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1316-33612004000300009&lng=es&nrm=iso>. ISSN 1316-3361.
- Millaleo, M. R., C. Montecilnos U., R. Rubio H., A. Contreras N. y F. Borie B. 2006. Efecto de la adición de compost sobre propágulos micorrícicos arbusculares en un suelo volcánico del centro sur de Chile. *R.C.Suelo Nutr. Veg.* 6(3):26-39.
- Molina, E. A. 2000. Manual de suelos y nutrición de pejibaye para palmito. San José, Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo 42 p.
- Naeve, S. L. 2006. Iron Deficiency Chlorosis in Soybean: Soybean Seeding Rate and Companion Crop Effects. *Agronomy Journal* 98: 1575-1581.
- Naeve, S. L. and G. W. Rehm. 2006. Genotype x Environment Interactions within iron deficiency chlorosis-tolerant soybean genotypes. *Agronomy Journal* 98:808-814.
- Navarro, B. S. y G. Navarro G. 2003. Química Agrícola El suelo y los elementos químicos esenciales para la vida vegetal. Ediciones Mundi-Prensa España. p. 77
- NOM-021-RECNAT. 2000 Establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. SEMARNAT. México. 88 p.

- Ortega-Blu, R. and M. Molina-Roco. 2007. Comparison Between Sulfates And Chelated Compounds as Sources of zinc and iron in Calcareous Soils. *Agrociencia* 41:491-502.
- Pasqualoto, C. L., F. López O., A. L Okorokova F., and A. Rocha F. 2002. Humic Acids Isolated from Earthworm Compost Enhance Root Elongation, Lateral Root Emergence, and Plasma Membrane H⁺-ATPase Actyvity in Maize Roots. *Plant Physiology* 130:1951-1957.
- Piccolo, A. 2002. The supramolecular structure of humic substances: A novel understanding of humus chemistry and implications in Soil Science. *Adv. Agron.* 75: 57-174.
- Porta C. J. M. y R. López-Acevedo, M. 2005. *Agenda de Campo de Suelos. Información de suelos para la agricultura y el medio ambiente.* Ediciones Mundi-Prensa, España, pp. 542.
- Porta, C. J., M. López-Acevedo y C. Roquero de L. 2003. *Edafología para la agricultura y el medio ambiente,* Ediciones Mundi-Prensa, España. p. 154.
- Quintero, F. y Casanova E. 2000. Evaluación del crecimiento del cultivar de sorgo Chaguaramas III bajo diversos niveles de fertilización con Nitrógeno y Fósforo en el Estado Guarico, Venezuela. *Agronomía Tropical* 50(2): 285-302.
- Razeto, B. y Palacios J. 2005. Efecto de la clorosis férrica en el tamaño y la concentración de aceite en el fruto del palto (*Persea americana* Mill.) *Agricultura Técnica (Chile)* 65(1):105-111
- Rroco, E., Kosegarten H., Harizai F., Imani J. y Mengel K. 2003. The importance of soil microbial activity for the supply of iron to sorghum and rape. *European Journal of Agronomy* 19: (4) 487 a 493
- Roca N., Pazos M. S., Bech J. 2007. Disponibilidad de cobre, hierro, manganeso, zinc en suelos del NO argentino. *On-line Ciencia del Suelo* V. 25. www.scielo.org.ar/scielo.php. ISSN 1850 2067 [citado 6 de noviembre 2010]
- Ruiz, F. J. F. 1999. *Tópicos sobre Agricultura Orgánica Tomo 1, 2ª Edición.* Editorial Publicaciones Diamante, México, D.F. 338 p.

- SAGARPA, INCA Rural. 2005. Plan rector del sistema producto sorgo Estado de Puebla.
- SAGARPA, 2008. Sistema de información agropecuario y de consulta SIACON.
- SAGARPA, SIAP, CP 2009. PRONAC “Digitalización del campo Cañero en México para Alcanzar la Agricultura de Precisión de la Caña de Azúcar” INGENIO DE ATENCINGO, S.A. DE C.V. (siazucar.siap.gob.mx/materiales/suelos)
- SAGARPA, SIAP. 2010. Servicio de información agroalimentaria y pesquera, México.
- Salgado, G. S., D. Palma L., E. Núñez E., L. C. Lagunes E., H. Debernardi V. y R. H. Mendoza H. 2006a. Manejo de fertilizantes y abonos orgánicos. Campus Tabasco, Colegio de Postgraduados-Instituto para el Desarrollo de Sistemas de producción del trópico húmedo de Tabasco. Villa Hermosa, Tabasco. 210 p.
- SAS 2004. SAS Institute Inc., Cary, NC., USA. Versión 9.0
- Schenkeveld, W. D. C., Dijcker, R., Reichwein, A.M., Temminghoff, E.J.M. and van Riemsdijk, W.H. 2008. The effectiveness of soil-applied FeEDDHA treatments in preventing iron chlorosis in soybean as a function of the o, o-FeEDDHA content. *Plant Soil* 303:161-176.
- SDR. 2007. Paquete tecnológico de sorgo, PDF creado el 20 de febrero de 2007.
- Semarnap, 1996. Clasificación de suelos FAO/UNESCO/ISRIC 1998.
- Sikora, L. J. and N. K. Enkiri. 2000. Efficiency of compost-fertilizer blends compared with fertilizer alone. *Soil Science* 165(5):444-451.
- Sierra, B. C., A. Lancelloti M., I. Vidal P. 2007. Azufre elemental como corrector del pH y la fertilidad de algunos suelos de la III y IV región de Chile. *Chilean Journal of Agricultural Research*. 67 (2):173-181
- Sludge, S., H. Pirdashti, M.A. Bahmanyar and A. Abbasian, 2008. Leaf and seed micronutrient accumulation in soybean cultivars in response to integrated organic and chemical fertilizers application. *Pak. J. Biol. Sci.*, 11: 1227-1233.

- Stocking, M.I. and N. Murnaghan. 2001. Handbook for the field assessment of land degradation. Earthscan Pub. Ltd, London- Steling, VA. Traducido al español por Carolina Padilla y Juan Albadejo 2003, Ediciones Mundi-Prensa. 173 p.
- Stoffella, P. J., Kahn B. A. 2005. Utilización de compost en los sistemas de cultivo hortícola. Ediciones Mundiprensa. Impreso en España. 397 p.
- Uygur, V. y Karabatac I. 2006. The effect of organic amendments on mineral phosphate fractions in calcareous soils. *Journal of plant nutrition and soil science* 172:336-345
- Vega, F. V. A., Bovi M. L. A., Godoy J.R. G. y Bertón R. S. 2005. Lodo de esgoto e sistema radicular da pupunheira. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 29: 59–268.
- Velarde, S. E., M. E. de León O., I. A. Cuellar A. y R. Villegas D. 2004. Producción y Aplicación de Compost, Primera edición 2004, Instituto Nacional de la Caña de Azúcar. Impreso en la Unidad de producciones graficas del MINREX, La Habana, Cuba. pp. 182.
- Venegas, G. J., J. Lenom C., A. Trinidad S., F. Gavi R. y P. Sánchez G. 2005. Análisis Químico del compost y efecto de su adición sobre la producción de biomasa en zarzamora. *Terra Latinoamericana* 23(3): 285-292.
- Velásquez, M., M. C. del Campillo and J. Torrent. 2004. Temporary flooding increases iron phytoavailability in calcareous vertisols and inceptisols. *Plant and Soil* 266:195-203.
- Wiersma, J. V. 2005. High Rates of Fe-EDDHA and Seed Iron Concentration Suggest Partial Solutions to Iron Deficiency in Soybean. *Agron. J.* 97: 924-934.
- Zocchi, G., De Nisi, P., Dell'Orto, M., Espen, L. and Gallina, P.M. 2007. Iron deficiency differently affects metabolic responses in soybean roots. *J. Exp. Bot.* 58, 993-1000.
- Zuo, Y., Ren L., Zhang F., Jiang R.F., 2007. Bicarbonate concentration as affected by soil water content controls iron nutrition of peanut plants in a calcareous soil. *Plant Physiol Biochem* 45(5):357-64

X. ANEXO



Figura 1: Altura de planta de sorgo, en Agua Dulce Tilapa, a los 42 días de la siembra, alcanzando mayor desarrollo las tratadas con 10 t de compost.



Figura 2: Agua Dulce, Tilapa. Pérdida del 75% de plantas de sorgo en el tratamiento que no contiene compost de cachaza.



Figura 3: En Agua Dulce, Tilapa los 15 días de la germinación del sorgo ya se observan los síntomas de clorosis.



Figura 4: Comparación de dos tratamientos, el que carece de compost (0-0), con un 80% de clorosis y el tratamiento con 10 t de compost y 50% de fertilizante químico (10-50). En el sitio experimental de Agua Dulce, Tilapa



Figura 5: Afectación por clorosis férrica, al tratamiento que carece de compost de cachaza, en Agua Dulce, Tilapa.

Cuadro 1. Prueba de comparación de medias, de altura de planta de sorgo en Agua Dulce, Tilapa.

Parcelas	Días después de la siembra							
	21	35	49	56	70	84	98	105
FeSO ₄ =0	14.52 a	25.32 a	44.51 a	51.11 a	71.31 b	93.54 b	96.57 b	100.51 b
FeSO ₄ =12	13.56 a	23.26 a	41.31 a	54.14 a	79.04 a	111.44 a	122.91 a	124.75 a
DSH	1.06	2.35	4.44	5.29	6.16	7.64	7.56	9.24
Tratamientos	Medias							
0 - 0	12.55 a	17.33 c	21.97 d	29.66 b	44.36 b	51.38 b	47.22 c	65.72 b
0 - 50	13.05 a	17.99 c	24.77 cd	29.22 b	54.27 b	69.27 b	79.39 b	79.75 b
0 - 100	14.16 a	19.11 bc	29.33 cd	37.99 b	58.10 b	76.39 b	85.27 b	82.69 b
5 - 0	15.1 a	26.94 ab	51.10 ab	58.05 a	83.71 a	117.11 a	129.25 a	130.80 a
5 - 50.	14.33 a	29.16 a	58.55 a	65.55 a	86.63 a	126.72 a	138.27 a	138.39 a
5 - 100	12.72 a	22.88 abc	39.66 bc	56.88 a	82.66 a	105.88 a	117.11 a	122.55 a
10 - 0	15.33 a	29.21 a	51.66 ab	65.14 a	90.10 a	121.52 a	129.22 a	130.55 a
10 - 50.	14.66 a	25.21 abc	53.88 ab	63.61 a	91.18 a	130.39 a	131.94 a	132.88 a
10 - 100	14.49 a	30.77 a	55.30 a	67.55 a	85.55 a	123.74 a	129.99 a	130.39 a
DSH	3.66	8.13	15.37	18.33	21.33	26.44	26.16	31.97

Cuadro 2. Prueba de comparación de medias, de la variable clorosis en el cultivo de sorgo, Agua Dulce, Tilapa.

Parcelas	Días después de la siembra							
	21	35	49	56	70	84	98	105
FeSO ₄ =0	51.85 a	51.11 b	51.85 a	57.77 a	57.77 a	51.48 a	58.88 a	60.74 a
FeSO ₄ =12	51.11 a	56.29 a	43.70 b	26.48 b	12.44 b	19.81 b	28.14 b	30.74 b
DSH	6.24	5.11	6.08	5.82	3.85	4.9	6.6	5.64
Tratamientos	Medias							
0 - 0	73.33 a	80.00 a	80.00 a	66.66 a	60.00 a	63.33 a	83.33 a	83.33 a
0 - 50	76.66 a	76.66 a	73.33 a	66.66 a	53.33 a	63.33 a	73.33 a	75.00 ab
0 - 100	60.00 ab	73.33 a	70.00 a	60.00 ab	50.00 a	56.66 a	65.00 a	63.33 b
5 - 0	56.66 abc	46.66 bc	46.66 b	28.33 c	34.50 b	38.33 b	36.66 b	40.00 c
5 - 50.	50.00 bc	46.66 bc	40.00 bc	34.16 c	24.50 bc	22.33 bc	25.00 b	33.33 dc
5 - 100	56.66 abc	53.33 b	43.33 b	43.33 bc	35.66 b	26.66 bc	38.33 b	41.66 c
10 - 0	26.66 d	33.33 c	26.66 bc	28.33 c	24.50 bc	17.83 c	25.00 b	33.33 dc
10 - 50.	36.66 cd	43.33 bc	30.00 bc	28.50 c	17.83 c	17.00 c	21.66 b	26.66 dc
10 - 100	26.66 d	30.00 c	20.00 c	24.16 c	15.66 c	15.33 c	23.33 b	15.00 d
DSH	21.6	17.7	21.04	20.16	13.32	16.97	22.86	19.53

Cuadro 3: Prueba de comparación de medias, de la variable peso fresco de planta de sorgo en San Juan Raboso, Izúcar de Matamoros.

Concepto	Días después de la siembra					
	18	32	49	67	102	139
F Calculada	2.15	2.29	2.76	4.66	2.65	1.88
Prob. F	0.0699	0.0554	0.0258	0.0015	0.0306	0.1102
CV	45.4	50.52	50.12	33.34	27.57	27.68
Tratamientos	Prueba de Tukey					
0 - 0	.26 b	2.38 a	7.61 b	41.69 c	80.71 b	56.83 a
0 - 50	.67 ab	5.03 a	24.80 ab	57.09 bc	120.86 ab	99.18 a
0 - 100	.56 ab	2.40 a	16.22 ab	85.35 abc	114.81 ab	92.22 a
5 - 0	.55 ab	4.14 a	15.04 ab	70.29 bc	121.63 ab	101.84 a
5 - 50.	.71 ab	3.55 a	25.36 ab	90.30 abc	129.68 ab	117.56 a
5 - 100	.68 ab	4.39 a	32.59 ab	121.40 ab	168.65 ab	92.76 a
10 - 0	.59 ab	3.03 a	23.71 ab	76.03 abc	158.85 ab	101.10 a
10 - 50.	1.08 a	6.42 a	26.49 ab	110.36 abc	145.88 ab	118.61 a
10 - 100	.73 ab	6.88 a	40.84 a	141.71 a	177.63 a	114.83 a
DSH	0.71	5.16	28.47	70.71	89.73	66.16

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes CV = Coeficiente de Variación
 DSH = diferencia significativa honesta Prob. F = Probabilidad de F

Cuadro 4: Prueba de comparación de medias, de la variable peso seco de planta de sorgo en San Juan Raboso, Izúcar de Matamoros.

Concepto	Días después de la siembra					
	18	32	49	67	102	139
F Calculada	2.49	2.1	2.78	2.64	3.37	2.1
Prob. F	0.0402	0.0764	0.025	0.0315	0.0099	0.076
CV	29.86	41.16	42.72	64	27.22	26.19
Tratamientos	Prueba de Tukey					
0 - 0	0.12 b	0.59 a	2.18 b	9.07 b	27.99 b	37.36 a
0 - 50	0.25 ab	1.07 a	5.23 ab	12.12 b	43.84 ab	64.24 a
0 - 100	0.23 ab	0.65 a	3.60 ab	18.17 ab	37.90 ab	70.39 a
5 - 0	0.20 ab	0.96 a	3.88 ab	15.45 ab	43.58 ab	64.98 a
5 - 50.	0.27 ab	0.85 a	5.90 ab	20.05 ab	45.69 ab	77.18 a
5 - 100	0.25 ab	1.06 a	6.36 ab	45.61 a	60.13 a	58.95 a
10 - 0	0.24 ab	0.82 a	5.08 ab	16.41 ab	56.44 ab	74.80 a
10 - 50.	0.34 a	1.35 a	6.19 ab	25.59 ab	56.26 ab	75.64 a
10 - 100	0.25 ab	1.46 a	8.60 a	29.99 ab	67.02 a	75.72 a
DSH	0.17	0.97	5.36	32.9	31.9	41.92

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes CV = Coeficiente de Variación
 DSH = diferencia significativa honesta Prob. F = Probabilidad de F

Cuadro 5: Prueba de comparación de medias, de la variable longitud de raíz del cultivo de sorgo en, Agua Dulce, Tilapa.

Parcelas	Días después de la siembra					
	26	42	60	77	118	146
FeSO ₄ =0	0.09 a	13.03 a	17.59 a	22.39 a	23.42 b	19.92 b
FeSO ₄ =12	0.08 a	13.43 a	18.99 a	22.85 a	27.41 a	29.18 a
DSH	0.02	1.48	1.70	2.64	2.62	3.35
Tratamientos	Medias					
0 - 0	9.78 a	8.59 c	14.50 b	14.42 c	9.41 c	10.33 b
0 - 50	10.50 a	8.85 bc	14.00 b	19.83 bc	21.33 b	10.83 b
0 - 100	8.91 a	11.54 abc	16.00 b	18.50 bc	21.25 b	12.66 b
5 - 0	9.92 a	15.37 a	18.12 ab	21.50 abc	30.75 a	27.66 a
5 - 50.	11.83 a	14.62 a	19.41 ab	24.25 ab	26.66 ab	33.16 a
5 - 100	9.91 a	15.16 a	17.62 ab	25.02 ab	29.08 ab	33.33 a
10 - 0	12.93 a	15.58 a	23.04 a	29.93 a	28.16 ab	31.00 a
10 - 50.	10.36 a	13.91 ab	19.54 ab	26.50 ab	33.00 a	32.33 a
10 - 100	10.42 a	15.45 a	22.37 a	23.66 ab	29.08 ab	29.66 a
DSH	4.63	5.13	5.88	9.14	9.07	11.61

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes DSH = diferencia significativa honesta

Cuadro 6: Prueba de comparación de medias, de la variable peso fresco de raíz del cultivo de sorgo en, Agua Dulce, Tilapa.

Parcelas	Días después de la siembra					
	26	42	60	77	118	146
FeSO ₄ =0	.2197 a	1.97 a	8.47 a	58.67 a	70.83 a	40.04 a
FeSO ₄ =12	.1617 a	2.47 a	11.27 a	70.30 a	90.61 a	40.35 a
DSH	0.09	0.91	3.69	21.63	20.28	10.55
Tratamientos	Medias					
0 - 0	.0873 a	0.36 b	2.17 b	9.12 b	16.89 d	3.63 c
0 - 50	.1276 a	0.46 b	2.16 b	39.39 ab	34.75 cd	9.60 c
0 - 100	.2626 a	0.59 b	2.28 b	33.61 ab	40.27 bcd	13.33 bc
5 - 0	.1250 a	3.85 a	9.72 ab	57.10 ab	105.54 ab	46.52 ab
5 - 50.	.1320 a	2.20 ab	13.10 ab	84.27 a	80.98 abcd	47.48 ab
5 - 100	.1766 a	1.95 ab	6.59 ab	106.53 a	95.18 abc	52.99 a
10 - 0	.3216 a	4.00 a	18.99 a	103.75 a	108.76 ab	52.37 a
10 - 50.	.2390 a	2.62 ab	16.10 a	92.92 a	135.14 a	77.72 a
10 - 100	.2450 a	3.97 a	17.72 a	53.71 ab	109.03 ab	58.16 a
DSH	0.3	3.18	12.8	74.85	70.18	36.51

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes DSH = diferencia significativa honesta

Cuadro 7: Prueba de comparación de medias, de la variable peso seco de raíz del cultivo de sorgo en, Agua Dulce, Tlilapa.

Parcelas	Días después de la siembra					
	26	42	60	77	118	146
FeSO ₄ =0	0.09 a	0.59 a	5.555 a	26.963 a	35.98 b	18.92 a
FeSO ₄ =12	0.08 a	0.56 a	3.491 a	33.494 a	48.10 a	21.62 a
DSH	0.02	0.23	1.04	10.59	10.33	5.58
Tratamientos	Medias					
0 - 0	0.04 c	0.08 c	0.784 c	4.98 b	8.59 c	2.10 d
0 - 50	0.07 bc	0.10 c	0.787 c	18.74 ab	18.27 bc	5.08 cd
0 - 100	0.05 c	0.16 bc	0.801 c	15.98 ab	19.90 bc	6.56 bcd
5 - 0	0.07 bc	0.89 ab	2.921 abc	27.85 ab	56.33 a	25.60 ab
5 - 50.	0.07 bc	0.59 abc	3.958 abc	42.15 a	45.91 ab	23.01 abc
5 - 100	0.09 abc	0.47 abc	2.024 bc	49.08 a	49.49 ab	23.98 abc
10 - 0	0.15 a	1.15 a	6.017 a	46.90 a	55.92 a	25.57 ab
10 - 50.	0.10 abc	0.72 abc	4.673 ab	41.74 a	64.35 a	39.21 a
10 - 100	0.11 ab	1.01 a	5.243 ab	24.65 ab	59.66 a	31.36 a
DSH	0.06	0.78	3.6	36.65	35.75	19.31

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes DSH = diferencia significativa honesta

Cuadro 8: Análisis de varianza y prueba de comparación de medias, de la variable peso fresco de raíz en el cultivo de sorgo de San Juan Raboso, Izúcar de Matamoros.

Concepto	Días después de la siembra					
	18	32	48	67	102	138
F Calculada	3.22	1.44	2.8	2.01	2.48	0.62
Prob. F	0.0128	0.2322	0.0243	0.0897	0.0432	0.7823
CV	32.42	50.18	48.1	59.81	37.78	61.68
Tratamientos	Prueba de Tukey					
0 - 0	.028 b	0.181 a	0.778 b	3.288 a	8.000 b	3.888 a
0 - 50	.048 ab	0.282 a	2.121 ab	4.112 a	8.138 ab	6.781 a
0 - 100	.051 ab	0.208 a	1.478 ab	7.892 a	8.893 b	8.818 a
5 - 0	.028 b	0.247 a	1.478 ab	8.593 a	8.288 ab	7.112 a
5 - 50.	.050 ab	0.287 a	2.488 ab	8.808 a	8.808 ab	8.788 a
5 - 100	.053 ab	0.381 a	2.858 ab	11.405 a	9.813 ab	8.874 a
10 - 0	.044 ab	0.304 a	2.042 ab	8.108 a	8.483 ab	7.100 a
10 - 50.	.058 a	0.447 a	2.228 ab	8.308 a	8.888 ab	7.821 a
10 - 100	.051 ab	0.630 a	3.772 a	18.217 a	16.400 a	7.830 a
DSH	0.037	0.488	2.448	13.828	8.288	8.048

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes CV = Coeficiente de Variación
 DSH = diferencia significativa honesta Prob. F = Probabilidad de F

Cuadro 9: Análisis de varianza y prueba de comparación de medias, de la variable peso seco de raíz en el cultivo de sorgo de San Juan Raboso, Izúcar de Matamoros.

Concepto	Días después de la siembra					
	18	32	49	67	102	139
F Calculada	2.49	2.14	2.03	1.89	3.24	0.67
Prob. F	0.04	0.0716	0.0857	0.1085	0.012	0.7126
CV	31.66	46.49	45.92	76.12	40.49	49.01
Tratamientos	Prueba de Tukey					
0 - 0	0.022 ab	0.06 a	0.46 b	1.65 a	3.72 b	2.68 a
0 - 50	0.031 ab	0.10 a	0.97 ab	2.05 a	4.86 b	4.40 a
0 - 100	0.039 ab	0.08 a	0.67 ab	4.23 a	4.12 b	4.74 a
5 - 0	0.019 b	0.09 a	0.76 ab	2.78 a	5.55 ab	5.25 a
5 - 50.	0.032 ab	0.10 a	1.15 ab	4.74 a	4.73 b	5.08 a
5 - 100	0.044 a	0.15 a	1.08 ab	6.18 a	6.37 ab	3.86 a
10 - 0	0.030 ab	0.13 a	0.96 ab	3.15 a	6.01 ab	5.40 a
10 - 50.	0.040 ab	0.16 a	1.08 ab	5.15 a	5.93 ab	5.47 a
10 - 100	0.034 ab	0.19 a	1.57 a	8.84 a	10.92 a	5.57 a
DSH	0.024	0.13	1.07	7.89	5.65	5.55

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes CV = Coeficiente de Variación

DSH = diferencia significativa honesta

Prob. F = Probabilidad de F

Cuadro 10. Análisis de varianza y prueba de comparación de medias, de la variable longitud de espiga en San Juan Raboso, Izúcar de Matamoros.

Concepto	Días después de la siembra	
	102	139
F Calculada	3.45	2.07
Prob. F	0.0087	0.0798
CV	10.39	12.69
Tratamientos	Prueba de Tukey	
0 - 0	19.75 b	16.87 a
0 - 50	22.87 ab	20.25 a
0 - 100	19.75 b	23.00 a
5 - 0	21.68 ab	22.62 a
5 - 50.	23.93 ab	22.12 a
5 - 100	24.75 ab	20.37 a
10 - 0	23.37 ab	22.68 a
10 - 50.	25.31 ab	21.87 a
10 - 100	25.68 a	22.50 a
DSH	5.74	6.51

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

DSH = diferencia significativa honesta

Cuadro 11. Análisis de varianza y prueba de comparación de medias, de la variable peso fresco de espiga de sorgo, en San Juan Raboso, Izúcar de Matamoros.

Concepto	Días después de la siembra	
	102	139
F Calculada	4.65	1.82
Prob F	0.0016	0.1232
CV	36.6	32.02
Tratamientos	Prueba de Tukey	
0 - 0	8.280 c	17.52 a
0 - 50	20.113 abc	32.37 a
0 - 100	17.925 bc	35.97 a
5 - 0	20.950 abc	35.04 a
5 - 50.	31.000 abc	41.06 a
5 - 100	30.763 ab	30.81 a
10 - 0	33.213 abc	41.46 a
10 - 50.	38.000 ab	38.17 a
10 - 100	43.400 a	40.65 a
DSH	25.378	26.77

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

DSH = diferencia significativa honesta