

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA**

**“ANTONIO NARRO”**

**UNIDAD LAGUNA**

**DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS**



**APLICACIÓN DE ESTIÉRCOL SOLARIZADO SOBRE LA PRODUCCIÓN DE  
MAÍZ FORRAJERO Y GRANO BAJO RIEGO POR GOTEO.**

**POR**

**CÉSAR BONIFACIO CAMPO**

**TESIS**

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**

**INGENIERO AGRONOMO**

**TORREON, COAHUILA, MEXICO**

**DICIEMBRE DEL 2013.**

**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA  
"ANTONIO NARRO"  
UNIDAD LAGUNA**

**DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS**

TESIS DEL C. CÉSAR BONIFACIO CAMPO, ELABORADA BAJO LA SUPERVISIÓN DEL COMITÉ PARTICULAR DE ASESORÍA Y APROBADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

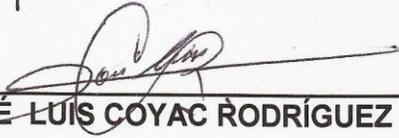
**INGENIERO AGRÓNOMO**

**COMITÉ PARTICULAR:**

Asesor Principal:

  
DR. ARMANDO ESPINOZA BANDA

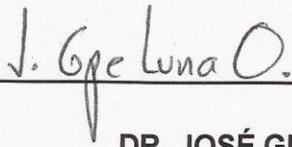
Asesor:

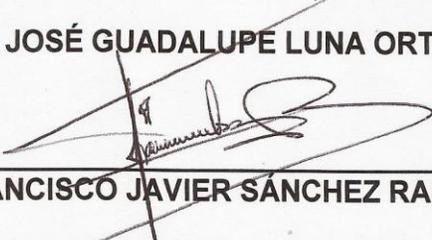
  
M.C. JOSÉ LUIS COYAC RODRÍGUEZ

Asesor:

  
DRA. ORALIA ANTUNA GRIJALVA

Asesor:

  
DR. JOSÉ GUADALUPE LUNA ORTEGA

  
DR. FRANCISCO JAVIER SÁNCHEZ RAMOS

COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE  
CARRERAS AGRONÓMICAS.



Coordinación de la División de  
Carreras Agronómicas

TORREÓN. COAHUILA, MÉXICO

DICIEMBRE DEL 2013.

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA  
"ANTONIO NARRO"  
UNIDAD LAGUNA**

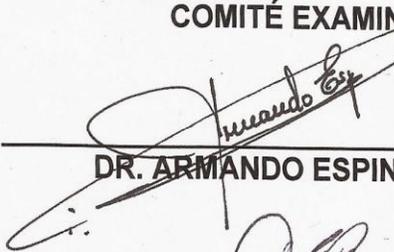
**DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS**

TESIS DEL C. CESAR BONIFACIO CAMPO, QUE SE SOMETE A LA  
CONSIDERACIÓN DEL H. JURADO EXAMINADOR, COMO REQUISITO  
PARCIAL PARA OBTENER EL TITULO DE:

**INGENIERO AGRÓNOMO**

**COMITÉ EXAMINADOR:**

**PRESIDENTE:**

  
\_\_\_\_\_  
**DR. ARMANDO ESPINOZA BANDA**

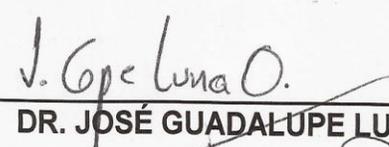
**Vocal:**

  
\_\_\_\_\_  
**M.C. JOSÉ LUIS COYAC RODRÍGUEZ**

**Vocal:**

  
\_\_\_\_\_  
**DRA. ORALIA ANTUNA GRIJALVA**

**Vocal  
Suplente:**

  
\_\_\_\_\_  
**DR. JOSÉ GUADALUPE LUNA ORTEGA**

  
\_\_\_\_\_  
**DR. FRANCISCO JAVIER SÁNCHEZ RAMOS  
COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE  
CARRERAS AGRONÓMICAS**



**Coordinación de la División de  
Carreras Agronómicas**

**TORREÓN. COAHUILA, MÉXICO**

**DICIEMBRE DEL 2013.**

## DEDICATORIAS

### **A mis padres**

**Antonio Bonifacio Maldonado y Amelia Campo Zeferino**, a quienes jamás encontraré la forma de agradecer por el apoyo brindado en los momentos buenos y malos durante mi estancia en la universidad, haciendo de este triunfo más suyo que mío por la forma en la que guío mi vida con amor y comprensión, porque gracias a ellos he llegado a realizar una de mis grandes metas, lo cual constituye la herencia más valiosa que pudiera recibir.

### **A mis Hermanos**

**Marco Antonio, Briseida y Gadiel** porque fueron el principal motivo para terminar mis estudios.

## AGRADECIMIENTOS

A **dios** por darme la vida y a mi familia que tanto aprecio.

A la **Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN)** por abrir las puertas para entrar al mundo del saber, y por todo el apoyo brindado.

**Al ing. Víctor Manuel Valdez** por permitir a realizar mis prácticas profesionales en su empresa Agroinsumos **VMV**.

**Al Ing. Gabriel Romero Delgado y Alfredo Hernández** por darme la oportunidad de formar parte de su equipo de trabajo en la compañía BASF Mexicana.

**Al Dr. Armando Espinoza Banda** por haberme apoyado en momentos más difíciles de mi vida que no me alcanzaría la vida para poder agradecerle, y no lo considero solo mi profesor si un amigo y un padre.

A mi amigo **Heriberto López Sierra** que siempre me ha brindado su apoyo.

<b>INDICE GENERAL</b>	<b>Página</b>
DEDICATORIAS .....	IV
AGRADECIMIENTOS .....	V
INDICE DE CUADROS .....	VIII
INDICE DE FIGURAS .....	IX
INDICE DE CUADRO DE ANEXO .....	X
RESUMEN .....	XII
I. INTRODUCCIÓN .....	1
1.1. OBJETIVO .....	4
1.2. HIPÓTESIS .....	4
II. REVISION DE LITERATURA .....	5
2.1. Abonos orgánicos .....	5
2.2. Mineralización de los abonos orgánicos .....	7
2.3. Estiércol de bovino .....	8
2.4 Efecto de la aplicación del estiércol en las propiedades del suelo (físicas, químicas y biológicas) .....	10
2.5 Normas de aplicación de estiércol de bovino al suelo .....	11
2.5.1 Legislación sobre residuos ganaderos .....	11
2.5.2 Tratamientos para reducir los riesgos asociados con el estiércol .....	12
2.5.3 Estiércol animal no tratado .....	13
2.6 Proceso de la solarización .....	13
2.7 Cultivo del maíz .....	14
2.7.1 Variedad San Lorenzo .....	17
2.8 Riego subsuperficial .....	18
III. MATERIALES Y MÉTODOS .....	20

3.1. Localización geográfica.....	20
3.2 Ubicación del sitio experimental.....	21
3.3 Características físicas y químicas del estiércol.....	22
3.4. Espacio de exploración.....	23
3.5. Diseño experimental.....	24
3.6 Establecimiento del experimento.....	25
3.6.1 Preparación del terreno.....	25
3.6.2 Aplicación del estiércol.....	26
3.6.3 Siembra.....	26
3.6.4 Fertilización.....	26
3.7 Variables medidas en el suelo.....	26
3.8. Características físicas.....	27
3.9 Características químicas.....	27
3.10 Instalación del sistema de riego.....	28
3.11 Variables evaluadas en la planta.....	28
3.12 Plagas.....	28
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	29
4.1 Variables medidas en el suelo.....	29
4.1.1. pH.....	29
4.1.2. Conductividad eléctrica.....	30
4.1.3. Materia orgánica.....	33
4.1.4. Nitratos.....	34
4.1.5. Calcio.....	36
4.1.6 Magnesio.....	37
4.1.7. Bicarbonatos.....	38

4.2. Variables medidas en planta .....	39
4.2.1. Altura de planta a la punta de espiga.....	39
4.2.2. Altura de planta a la base de espiga.....	40
4.2.3. Altura de mazorca.....	41
4.2.4 Número de mazorcas.....	43
4.2.5 Peso de 100 semillas.....	44
4.2.6 Producción de forraje verde .....	45
4.3. Temperatura.....	46
V. CONCLUSIONES .....	49
VI. LITERATURA CITADA.....	51
VII. ANEXOS .....	56

## **INDICE DE CUADROS**

Cuadro 1. Características agronómicas de la variedad "San Lorenzo". .....	17
Cuadro 2. Factores en estudio, densidad de siembra y tratamientos de estiércol solarizado 2012.....	23
Cuadro 3. Unidades experimentales, resultado de la combinación de tratamientos. ....	24
Cuadro 4. Comparación de medias para conductividad eléctrica en la interacción estiércol-profundidad en maíz. DEP-FAZ-UJED 2012. ....	33
Cuadro 5. Medias para calcio en la interacción densidad-estiércol en el suelo en el cultivo de maíz. DEP-FAZ-UJED 2012.....	36
Cuadro 6. Medias para los tratamientos de estiércol en la altura de mazorca en el cultivo de maíz. DEP-FAZ-UJED.....	42
Cuadro 7. Medias para la interacción densidad-estiércol en la altura de mazorca en el cultivo de maíz. DEP-FAZ-UJED.....	43

Cuadro 8. Medias de número de mazorcas por planta para la densidad en el cultivo de maíz. DEP-FAZ-UJED 2012.....	44
Cuadro 9. Medias para la interacción densidad-estiércol del peso de 100 semillas en el cultivo de maíz. DEP-FAZ-UJED.....	45
Cuadro 10. Medias de producción de forraje verde de maíz por tratamiento de estiércol. DEP-FAZ-UJED 2012. ....	46

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Localización de la Comarca Lagunera en el territorio nacional. ....	20
Figura 2. Localización del municipio de Gómez Palacio en la Comarca Lagunera. ....	21
Figura 3. Medias de pH en la profundidad del suelo para el cultivo de maíz. DEP-FAZ-UJED 2012. ....	30
Figura 4. C.E. En el suelo por profundidad para el cultivo de maíz. DEP-FAZ-UJED 2012. ....	31
Figura 5. C.E. en el suelo en la interacción densidad por estiércol para el cultivo de maíz. DEP-FAZ-UJED 2012.....	32
Figura 6. M.O. en el suelo según la profundidad para el cultivo de maíz. DEP-FAZ-UJED 2012.....	34
Figura 7. Nitratos (NO <sub>3</sub> ) en el suelo según la dosis de estiércol para el cultivo de maíz. DEP-FAZ-UJED 2012.....	35

Figura 8. Nitratos ( $\text{NO}_3$ ) en el suelo según la profundidad para el cultivo de maíz. DEP-FAZ-UJED 2012. ....	35
Figura 9. Calcio (Ca) en el suelo según la profundidad para el cultivo de maíz. DEP-FAZ-UJED 2012. ....	37
Figura 10. Magnesio (Mg) en el suelo según la profundidad para el cultivo de maíz. DEP-FAZ-UJED 2012. ....	38
Figura 11. Bicarbonatos ( $\text{HCO}_3$ ) en el suelo según la profundidad para el cultivo de maíz. DEP-FAZ-UJED 2012. ....	39
Figura 12. Medias para la altura de planta a la punta de espiga según los tratamientos de estiércol para el cultivo de maíz. DEP-FAZ-UJED 2012. ....	40
Figura 13. Medias para la altura de planta a la base de espiga según los tratamientos de estiércol para el cultivo de maíz. DEP-FAZ-UJED 2012. ....	41
Figura 14. Medias para el peso de 100 semillas según los tratamientos de estiércol para el cultivo de maíz. DEP-FAZ-UJED 2012. ....	44
Figura 15. Medias para temperatura según la profundidad en el cultivo de maíz. DEP-FAZ-UJED 2012. ....	47
Figura 16. Medias para temperatura según los tratamientos de estiércol en el cultivo de maíz. DEP-FAZ-UJED 2012. ....	48
Figura 17. Medias para temperatura según la densidad del cultivo de maíz. DEP-FAZ-UJED 2012. ....	48

## **INDICE DE CUADRO DE ANEXO**

Cuadro A 1. Análisis de Varianza para pH en el suelo en el cultivo de Maíz. DEP-FAZ-UJED 2012. ....	56
Cuadro A 2. Análisis de Varianza para la conductividad eléctrica (C.E.) en el suelo para el cultivo de Maíz. DEP-FAZ-UJED 2012. ....	57
Cuadro A 3. Análisis de Varianza para materia orgánica en el suelo en el cultivo de maíz. DEP-FAZ-UJED 2012. ....	58

Cuadro A 4. Análisis de Varianza para nitratos en el suelo en el cultivo de maíz. DEP-FAZ-UJED 2012. ....	60
Cuadro A 5. Análisis de Varianza para calcio en el suelo para el cultivo de maíz. DEP-FAZ-UJED 2012. ....	61
Cuadro A 6. Análisis de Varianza para magnesio en el suelo para el cultivo de maíz. DEP-FAZ-UJED 2012.....	62
Cuadro A 7. Análisis de Varianza para bicarbonatos en el suelo para el cultivo de maíz. DEP-FAZ-UJED 2012.....	64
Cuadro A 8. Análisis de Varianza para la altura de la planta a la punta de espiga para el cultivo de maíz. DEP-FAZ-UJED 2012.....	65
Cuadro A 9. Análisis de Varianza para la altura de la planta a la base de espiga para el cultivo de maíz. DEP-FAZ-UJED 2012.....	66
Cuadro A 10. Análisis de Varianza para la altura de mazorca para el cultivo de maíz. DEP-FAZ-UJED 2012.....	67
Cuadro A 11. Análisis de Varianza para el número de mazorca por planta en el cultivo de maíz. DEP-FAZ-UJED 2012.....	68
Cuadro A 12. Análisis de Varianza para el peso de 100 semillas de maíz. DEP-FAZ-UJED 2012. ....	69
Cuadro A 13. Análisis de Varianza para la producción de forraje verde de maíz. DEP-FAZ-UJED 2012. ....	70
Cuadro A 14. Análisis de Varianza para el primer muestreo de temperatura en el suelo del cultivo de maíz. DEP-FAZ-UJED 2012. ....	71
Cuadro A 15. Análisis de Varianza para el segundo muestreo de temperatura en el suelo del cultivo de maíz. DEP-FAZ-UJED 2012. ....	72
Cuadro A 16. Análisis de Varianza para el tercer muestreo de temperatura en el suelo del cultivo de maíz. DEP-FAZ-UJED 2012. ....	74
Cuadro A 17. Análisis de Varianza para el cuarto muestreo de temperatura en el suelo del cultivo de maíz. DEP-FAZ-UJED 2012. ....	75
Cuadro A 18. Análisis de Varianza para el quinto muestreo de temperatura en el suelo del cultivo de maíz. DEP-FAZ-UJED 2012. ....	77

## RESUMEN

El presente trabajo tiene como objetivo determinar el impacto y la mejor dosis de aplicación de estiércol solarizado sobre la producción de maíz forrajero y grano bajo riego por goteo.

El experimento se realizó en el Campo Agrícola Experimental De La Facultad De Agricultura Y Zootecnia, durante el ciclo agrícola primavera-verano 2012. Consistió en analizar el efecto de la mineralización del estiércol de bovino solarizado en la producción de maíz grano y forraje; el diseño experimental que se empleo fue bloques al azar con un arreglo en franjas con cuatro repeticiones. La unidad experimental fue de dos metros de ancho por cuatro de largo. Los factores de estudio fueron: la densidad de siembra (surcos a 0.75 m por 0.15 cm y 0.25 cm) y cuatro tratamientos de estiércol (0, 40, 80 y 120 t ha<sup>-1</sup>) y un testigo de fertilización química (150-150-0). Los resultados obtenidos fueron, 93.1 t ha<sup>-1</sup> en el tratamiento de 120 t ha<sup>-1</sup> para la producción de forraje verde. Se obtuvieron temperaturas que se encuentran dentro del rango para que se lleve a cabo una buena mineralización del estiércol en el suelo, en el tratamiento de 120 t ha<sup>-1</sup> obtuvo 28.2 °C y para el estrato 0-7.5 y 7.5-15 cm se obtuvieron 31.2 y 27.5 °C respectivamente.

**Palabras Clave.** Agricultura Orgánica, Estiércol Solarizado, Maíz, Granos, Suelo.

## I. INTRODUCCIÓN

La producción orgánica es un sistema que emplea insumos naturales y prácticas como la aplicación de compostas y abonos verdes, uso de repelentes y fungicidas a base de plantas y minerales entre otras, prohibiendo el uso de pesticidas y fertilizantes de síntesis química (Gómez *et al.*, 2003); se caracteriza por garantizar al consumidor el suministro de alimentos libres de contaminantes, de alta calidad y en cantidades suficientes. El mantener una adecuada cantidad de humus en el suelo, el empleo de técnicas agrícolas que sean respetuosas con el medio ambiente y la conservación del suelo, la rotación de cultivos, así como la eliminación de técnicas y productos contaminantes forman parte de los principios fundamentales de la agricultura orgánica (Fortis *et al.*, 2007).

La producción orgánica basada en las características y principios anteriores ha sido aceptada mundialmente siendo Oceanía quien mayor superficie orgánica posee (39%), seguido de Europa (21%) y de América Latina (20%) (Willer *et al.*, 2005).

México cuenta aproximadamente con 307,693 hectáreas de superficie cultivada de manera orgánica; destacando los estados de Chiapas y Oaxaca con 86,384.36 y 52,707.85 hectáreas respectivamente (Valero, 2007).

México produce orgánicamente, estando entre los principales cultivos: café, frijol, hortalizas, maíz azul y blanco, manzana, nueces, papaya, plátano, soya, entre otros, ocupando el primer lugar el café, mientras que el maíz ocupa el quinto sitio (Fortis *et al.*, 2007).

El maíz al igual que cualquier cultivo requiere de una cantidad suficiente de nutrientes para satisfacer sus necesidades, sin embargo los nutrientes que demanda el cultivo son deficientes en el suelo, estos pueden ser aportados por fertilizantes orgánicos como estiércoles y residuos de cosecha (Salazar *et al.*, 2002).

En la Comarca Lagunera se encuentra la cuenca lechera más importante del país con más de 400,000 cabezas de ganado bovino, debido a esto se genera una gran cantidad de desechos orgánicos (estiércol), tomando en cuenta que cada cabeza excreta 32.9 kg por día de estiércol, al mes se genera una cantidad de 12'495,716 toneladas, que actualmente no están siendo utilizadas en algún tratamiento, si no que en algunas partes de la región está siendo uno de los elementos de contaminación al medio (Lévano y González, 2001).

Una práctica común entre los productores de la región es la aplicación continua de estiércol, lo que ha ocasionado problemas serios de salinidad y sodicidad, por lo que tiene que ser tratado y dosificado para evitar posible contaminación al suelo y al agua del acuífero subterráneo (SAGARPA, 2000).

Otra práctica importante es el monitoreo del suelo antes de la aplicación del estiércol, para de esta manera decidir cuánto aplicar por año; se requiere del conocimiento del porcentaje de descomposición o de la también llamada tasa de mineralización, lo que se utiliza de apoyo al calcular las dosis de abono orgánico (Salazar *et al.*, 2003).

En base a lo anterior se plantean los principales problemas que se presentan en la Región Lagunera.

1. Existe un desconocimiento técnico sobre la mineralización del estiércol solarizado y la cantidad de nutrimentos que la planta absorbe para llegar a una agricultura orgánica.
2. Se desconoce el efecto de la aplicación continua del estiércol solarizado sobre la calidad del suelo y el desarrollo y la producción del cultivo.

## **1.1. OBJETIVO**

Determinar la mejor dosis de aplicación de estiércol solarizado sobre la mineralización del nitrógeno y su impacto en el rendimiento de maíz forrajero y grano.

## **1.2. HIPÓTESIS**

1. Con una dosis de 40 ton/ha de estiércol solarizado en maíz forrajero y grano tienen sus máximos beneficios.

## II. REVISION DE LITERATURA

### 2.1. Abonos orgánicos

Los abonos orgánicos empleados en la agricultura pueden tener diferentes orígenes: residuos de cultivos dejados en el campo después de la cosecha, especies cultivadas especialmente para ser empleadas como abonos orgánicos verdes, restos orgánicos de procesamientos agroindustriales, estiércol y otros (Fontanie y Concha, 1997).

Crovetto (1994), sostiene que en la cero labranza son los rastrojos los que enriquecen el suelo año a año. Razón por la cual no se le puede pedir al sistema elevar la producción desde los primeros años. Con el tiempo se observa un mejoramiento general de los parámetros de fertilidad del suelo.

Los abonos orgánicos producen múltiples efectos sobre los suelos, entre los cuales se pueden destacar:

- a. Aporte de diversos elementos minerales al suelo que mejoran su fertilidad y por ende la producción y productividad agrícola;
- b. Favorable efecto sobre la conservación de los suelo;
- c. Mejoramiento en la estructura del suelo;
- d. Aumento en la retención de humedad del suelo;

- e. Aumento en la capacidad de intercambio catiónico;
- f. Disminución en la pérdida de nutrientes por lixiviación;
- g. Aumento en la actividad microbiana del suelo;
- h. Protección del suelo contra la erosión eólica e hídrica;
- i. Aumento en el contenido de materia orgánica;
- j. Mejor balance hídrico; y
- k. Absorción de diversos nutrientes existentes en el suelo, especialmente los nitrogenados, evitando de esta forma que sean lavados y arrastrados por las aguas de lluvia a lugares no deseados como los ríos y lagos, donde aumenta la concentración y se alcanzan niveles nocivos.

Por otro lado, los elementos que más aportan los abonos orgánicos al suelo son N, P y K; sin embargo, en cuanto al N la cesión es lenta, irregular e impredecible, lo que puede prolongar innecesariamente el período vegetativo y generar pérdidas por lavado tras la cosecha (Fontanie y Concha, 1997).

La transformación de la materia orgánica en el suelo, depende fundamentalmente de la actividad microbológica que posea dicho suelo. Dentro de las transformaciones se incluyen reacciones de solubilización, de óxido-reducción, de mineralización (Borie, 1994).

## 2.2. Mineralización de los abonos orgánicos

El proceso mediante el cual el nitrógeno pasa de compuestos orgánicos a formas inorgánicas es llamado mineralización; en dicho proceso existen dos etapas, la amonificación y la nitrificación. La amonificación es la liberación de amonio a partir de las estructuras orgánicas, como consecuencia de la acción de numerosos microorganismos; se caracteriza por que el proceso se lleva a cabo dentro de un amplio rango de humedad, temperatura y aireación. La nitrificación es el paso de amonio a nitratos, siendo más estricta en condiciones ambientales requeridas y la realiza un reducido número de bacterias. El proceso de la mineralización se produce a mayor velocidad en suelos bien aireados, húmedos y cálidos.

El porcentaje de nitrógeno orgánico potencialmente mineralizable de residuos orgánicos como estiércoles, varía de un 30 a 90%. Aunque existen grandes cantidades de nitrógeno orgánico en el suelo, solo una pequeña fracción se encuentra disponible para los microorganismos, misma que se conoce como nitrógeno orgánico potencialmente mineralizable, el cual constituye no más del 10% del N orgánico total del suelo (Salazar *et al.* 2007).

### 2.3. Estiércol de bovino

El estiércol de bovino lechero como otros abonos orgánicos utilizados en la agricultura tiene el potencial de ser una fuente de nutrientes económica y efectiva para los cultivos. La clave consiste en evitar la utilización inapropiada de este recurso para proteger la calidad del suelo y el agua. Una aplicación correcta de estiércol requiere del conocimiento del contenido de nutrientes, de las mejores fechas y métodos de aplicación, de la disponibilidad de nutrientes del estiércol para los cultivos y de cómo balancear las necesidades de nutrientes de los cultivos usando estiércoles y otras fuentes de nutrientes (Rasnake *et al.*, 2000; Eghball *et al.*, 2002; Flores, 2007).

La producción anual de estiércol en México se estima es de 61 millones de toneladas por año (INEGI, 1997) considerando únicamente el ganado estabulado y semiestabulado, de los cuales la Comarca Lagunera contribuye con 12 a 14 millones de toneladas (Pérez-Canedo, 2008), si esta cantidad se pudiera capitalizar adecuadamente a cada hectárea de terreno agrícola le corresponderían 2 toneladas de estiércol por año, cantidad suficiente para mantener con excelente contenido de materia orgánica, fertilidad y capacidad productiva (Trinidad, 2007).

La composición del estiércol producido por vacas lecheras está conformado por un 79% de agua y un 21% de materia seca; de la cual el 2.3% es nitrógeno (N), 1.1% fósforo ( $P_2O_5$ ) y 2.9% de potasio ( $K_2O$ ) (Ensminger *et al.*, 1990).

La región conocida como Comarca Lagunera es la principal cuenca lechera del país, anualmente produce un millón de toneladas de estiércol de bovino, de ahí la importancia de utilizar este desecho de la industria lechera en la producción de maíz forrajero (Figuroa, 2003).

Un manejo sustentable del estiércol debe incluir los siguientes objetivos: 1) reciclar nutrientes aprovechables por los cultivos, 2) aumentar la materia orgánica del suelo, 3) minimizar los riesgos de contaminación al acuífero y 4) minimizar riesgos de contaminación o toxicidad (química o microbiológica) en el ganado y en cultivos de consumo humano (Figuroa, 2004).

Un problema al aplicar estiércol de forma inadecuada o de manera excesiva es que se provoca salinidad en el suelo y la lixiviación de nitratos originados (Salazar *et al.*, 2002); por lo que es necesario el buscar la manera adecuada de aprovecharlo, dosificándolo e incorporándolo al suelo para satisfacer las necesidades del cultivo, su óptimo desarrollo y un nivel de productividad alto, siempre y cuando el ambiente no sea contaminado (Salazar *et al.*, 2003).

De acuerdo a Salazar *et al.* (2002 y 2003) en la Comarca Lagunera los estiércoles tienen diferencias en cuanto a su contenido de nutrimentos, y es necesario llevar un seguimiento en la aplicación de estiércol ya que excediendo las dosis (más de 120 ton ha) y al cabo de 5 años de aplicarlo la C.E. puede ser incrementada hasta más de 4 dS m<sup>-1</sup>.

Es de vital importancia el conocer los microorganismos que están presentes en el estiércol, ya que algunos pueden ser patógenos para los humanos; los principales hongos detectados son Mucorales, Discomycetes y Basidiomycetes. Otro factor importante que aún se desconoce son los diferentes tipos de malezas presentes y el efecto de solarizar el estiércol (Lynd *et al.*, 2002).

#### **2.4 Efecto de la aplicación del estiércol en las propiedades del suelo (físicas, químicas y biológicas)**

Es evidente que las propiedades físicas del suelo tendrán un efecto positivo al aplicar estiércol, las características en las que los abonos influyen favorablemente son: estructura, porosidad, aireación, capacidad de retención de agua, infiltración, conductividad hidráulica y estabilidad de agregados (Trinidad, 2006).

Las propiedades químicas de un suelo cambian por efecto de la aplicación de abonos orgánicos, dentro de estos se encuentran el contenido de materia orgánica, porcentaje de nitrógeno, capacidad de intercambio catiónico, pH y conductividad eléctrica; un ejemplo de lo anterior es que con la aplicación de 67 ton/ ha de estiércol vacuno por año, durante cuatro años, se incrementó el contenido de materia orgánica de 1.41% a 2.59% (Trinidad, 2006).

Los microorganismos influyen en muchas propiedades del suelo y ejercen efectos en el crecimiento de las plantas; al tener un medio biológicamente activo se logra una correlación positiva entre el número de microorganismos y el contenido de materia orgánica del suelo; en relación con la disponibilidad de nutrimentos la actividad biológica del suelo juega un papel importante en la oxidación y reducción de los elementos esenciales, convirtiéndolas de formas no aprovechables a formas aprovechables por las plantas (Trinidad, 2006).

## **2.5 Normas de aplicación de estiércol de bovino al suelo**

### **2.5.1 Legislación sobre residuos ganaderos**

En nuestro país se cuenta con una norma oficial Mexicana (NOM-307-Fito-1995/1996) en la que establecen las especificaciones del proceso de producción y procesamiento de productos agrícolas orgánicos. La normatividad de la agricultura orgánica comprende el establecimiento de estándares para la producción y el procesamiento de los productos orgánicos, así como los instrumentos que posibilitan el cumplimiento de los sistemas de regulación.

## 2.5.2 Tratamientos para reducir los riesgos asociados con el estiércol

Los tratamientos de transformación en abono pueden ser divididos en dos grupos:

**a) Tratamientos pasivos:** Se basan en el mantenimiento de los desechos orgánicos bajo condiciones naturales; los factores ambientales tales como la temperatura, la humedad y la radiación ultravioleta, si actúan con tiempo suficiente inhiben el crecimiento de organismos patógenos y eventualmente los destruye. Este método toma demasiado tiempo para reducir el número de patógenos en la materia y resulta difícil determinar el tiempo necesario para que este proceso tenga lugar.

**b) Tratamientos activos:** Son aquellos que las pilas de materia son tratadas en condiciones que aceleraron el proceso de transformación de los desechos en abono. Las pilas de materia son removidas con frecuencia o bien se les administra otro tipo de aireación con miras a mantener condiciones adecuadas de oxígeno dentro de la pila: controlando los niveles de temperatura y humedad y se añaden suplementos para obtener una humedad óptima y una tasa adecuada de carbono-nitrógeno.

Bajo condiciones adecuadas la elevada temperatura generada destruye la mayor parte de los patógenos en un tiempo relativamente corto. La presencia de *E. coli* y *Salmonella* suele ser utilizada como indicador que el fertilizante orgánico no deberá ser añadido al suelo y se procederá con tratamientos adicionales tales

como: pasteurización, secado con calor, la digestión anaeróbica, la estabilización con álcalis, la digestión aeróbica o una combinación de todos para acelerar el proceso.

### **5.5.3 Estiércol animal no tratado**

En la producción de productos vegetales comestibles da un mayor riesgo de contaminación por lo tanto no se recomienda al ser empleado deberá ser añadido a la tierra durante la preparación del suelo y antes de la siembra; ha de ser incorporado al suelo y la tierra removida de manera periódica para facilitar la reducción de patógenos. Es necesario dejar pasar el máximo de tiempo entre la aplicación del estiércol y la siembra.

## **2.6 Proceso de la solarización**

Un método para desinfectar el suelo que se ha utilizado con éxito en las últimas décadas es la Solarización, consiste en colocar cubiertas plásticas que tienen la capacidad de captar la radiación e incrementar la temperatura del suelo; este método se ha empleado para eliminar estados inmaduros y adultos de artrópodos, cuerpos reproductivos de patógenos de plantas, como hongos, bacterias y nematodos, así como semillas y propágulos de maleza (Vázquez *et al.*, 2008).

De acuerdo a los estudios realizados por Vázquez *et al.* (2008), reportan que al solarizar el estiércol (en las condiciones de la Comarca Lagunera), utilizando doble capa plástica se alcanzaron temperaturas de hasta 62 °C, observando que se elimina la presencia de patógenos como *E. coli* y *Salmonella*, logrando así un abono inocuo para uso agrícola.

## **2.7 Cultivo del maíz**

El maíz, *Zea mays* L., es uno de los granos alimenticios más antiguos que se conocen. Pertenece a la familia de las Poáceas (Gramíneas), tribu Maydeas, y es la única especie cultivada de este género y de las más productivas. Es una planta C4 con una alta tasa de actividad fotosintética. El maíz tiene el más alto potencial para la producción de carbohidratos por unidad de superficie por día. Fue el primer cereal a ser sometido a rápidas e importantes transformaciones tecnológicas en su forma de cultivo (Salazar *et al.* 2007).

El maíz es consumido principalmente por la industria pecuaria, durante el ciclo 2005-2006 se produjeron alrededor de 695 millones de toneladas de maíz mundiales, siendo Estados Unidos el mayor productor con 282 millones de toneladas (Robles *et al.*, 2008)

En México, el maíz grano ocupa el primer lugar de superficie sembrada con ocho millones de hectáreas y un rendimiento medio de 21 millones de toneladas anuales (93% maíz blanco y 7% de maíz amarillo) (SAGARPA, 2007).

La producción nacional de maíz forrajero está concentrada en un 80% en solo seis estados productores de leche (Jalisco, Chihuahua, Aguascalientes, México, Durango y Coahuila) (SAGARPA, 2000).

Para el año agrícola 2007, en México se cosecharon

328,311.57 ha de maíz forrajero, con una producción nacional de

10, 348,756.72 toneladas (SIAP, 2008).

En la Comarca Lagunera se siembran anualmente 72,232 ha<sup>-1</sup> de cultivos forrajeros, superado por la alfalfa (SAGARPA, 2001), de estos el maíz forrajero ocupa el segundo lugar con 34,770 ha<sup>-1</sup>, y una producción de 1, 500,808 toneladas (SIAP, 2008).

La planta de maíz es un excelente forraje para el ganado, especialmente para las vacas lecheras debido a su alto rendimiento energético que aporta, actualmente la producción promedio de maíz forrajero por hectárea en la Comarca Lagunera es de 45 toneladas de forraje fresco y 15 toneladas de forraje seco (Reta *et al.*, 2002)

Un aspecto importante en la obtención del mayor rendimiento posible en maíz es la densidad de siembra, ya que la producción responde a los incrementos de la densidad, sin embargo llega un punto en el que al aumentarla el rendimiento empieza a disminuir; siendo los factores que causan este comportamiento la luz y la competencia por la humedad y los nutrientes (Salazar *et al.* 2007).

En la región Lagunera se han llevado a cabo investigaciones en surcos estrechos, espaciados a 38, 50 y 60 cm, teniendo poblaciones de 86,000 a 112,000 p ha<sup>-1</sup> en comparación con la siembra tradicional de surcos que van de 75 a 80 cm. con poblaciones de 64,000 a 84,000 p ha<sup>-1</sup> (INIFAP, 2002) .

El maíz requiere para su desarrollo ciertas cantidades de elementos minerales que pueden ser cubiertos mediante la aplicación de fertilizantes químicos u orgánicos, al analizar tratamientos en especies forrajeras la aplicación de abonos orgánicos se obtuvieron resultados en los que se incrementó el rendimiento un 80% en comparación con fertilizante químico (Wade, 1983). Salazar *et al.* (2003) recomiendan que para la producción de maíz se requiere una aplicación inicial de estiércol de 120 t ha<sup>-1</sup>, pudiendo reducirse en años posteriores a 80 t ha<sup>-1</sup>, aplicándose un mes antes de la siembra.

En experimentos realizados por Salazar *et al.* (2004), al aplicar estiércol con dosis de 0, 40, 80, 120 y 160 t ha<sup>-1</sup>, y fertilizante químico, obtuvo rendimientos de 28, 62, 74, 72, 66 y 61 t ha<sup>-1</sup> de forraje verde respectivamente, pudiendo observar que los tratamientos con 80 y 120 t ha<sup>-1</sup>, fueron los que obtuvieron mejores rendimientos de maíz forrajero.

### 2.7.1 Variedad San Lorenzo

Esta variedad tiene su origen en el año de 1982, en la Facultad de Agricultura y Zootecnia, de la Universidad Juárez del Estado de Durango, por profesores investigadores, mediante un proceso de selección masal fenotípica de un elote aislado con 17 ciclos de recombinación de la raza Tuxpeño y maíz ramoso.

**Cuadro 1. Características agronómicas de la variedad "San Lorenzo".**

Condiciones de siembra	Riego y temporal
Potencia de uso	Grano y forraje
Tipo de madurez	Precoz a intermedia
Fecha de siembra	Marzo 15 a julio 15 (Comarca Lagunera)
Plantas por hectárea	55 mil a 65 mil (grano) 90 a 110 mil (forraje)
Días a la floración	55 a 65 días
Acame	Resistente
Cobertura de mazorca	Buena
Color de grano	Blanco cremoso
Enfermedades foliares	Muy tolerante
Pudrición de mazorca	Baja
Días de cosecha	110 a 120 (95 para silo)

En cuanto al porcentaje de Proteína Cruda (PC) la variedad San Lorenzo presenta un 8.5%.

De acuerdo a las características anteriores la variedad San Lorenzo es una opción viable para conseguir una producción sostenible, además es una variedad que compite con los mejores híbridos que se usan en la región lagunera, en cuanto a calidad y rendimiento (Salazar et al., 2004)

## **2.8 Riego subsuperficial**

El sistema de riego a emplear dependerá del cultivo a sembrar y el tipo de suelo; en la actualidad se ha incrementado el uso de sistemas de riego presurizado como el de goteo y aspersion (Mendoza, 2003).

El método de riego por goteo subsuperficial ha sido investigado y desarrollado en las últimas décadas habiendo demostrado un gran potencial al eficientar la productividad y la calidad, es caracterizado como una alternativa sustentable de cualquier otro método de irrigación (Claude, 1995).

El sistema de goteo consta básicamente de los siguientes componentes: una fuente de abastecimiento de agua, bomba, sistema filtrado, medidor de gasto de agua, en algunos casos inyectora de fertilizantes, así como de la red de distribución de cintas o mangueras (Mendoza, 2003).

Las ventajas y desventajas de este sistema de riego según Mendoza (2003) y Phene (1987) son las siguientes:

## **Ventajas**

- Mejor optimización y eficiencia en la conducción, aplicación y distribución del agua.
- Reduce la evaporación de la superficie del suelo
- Aplicación de fertilizantes, mejoradores de suelo, insecticidas, a través del sistema con mayor eficiencia de aprovechamiento y reducción de costos de aplicación de los mismos.
- Humedad adecuada según la etapa de cultivo.
- Permite o facilita la utilización del sistema de labranza de conservación.

## **Desventajas:**

- El costo inicial del sistema es elevado y necesita de cuidado continuo.
- Taponamiento de emisores, daño de mangueras y del sistema.
- Residualidad de productos.
- Dependiendo de la localización de los goteros se puede alterar el patrón normal de desarrollo radicular.
- Aumenta la probabilidad de producir salinidad.

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Localización geográfica

En la parte centro-norte del país entre los meridianos  $102^{\circ} 22'$  y  $104^{\circ} 41'$  longitud oeste, y los paralelos  $24^{\circ} 22'$  y  $26^{\circ} 23'$  latitud norte se encuentra localizada la Región Lagunera, a una altura sobre el nivel del mar de 1139 m.

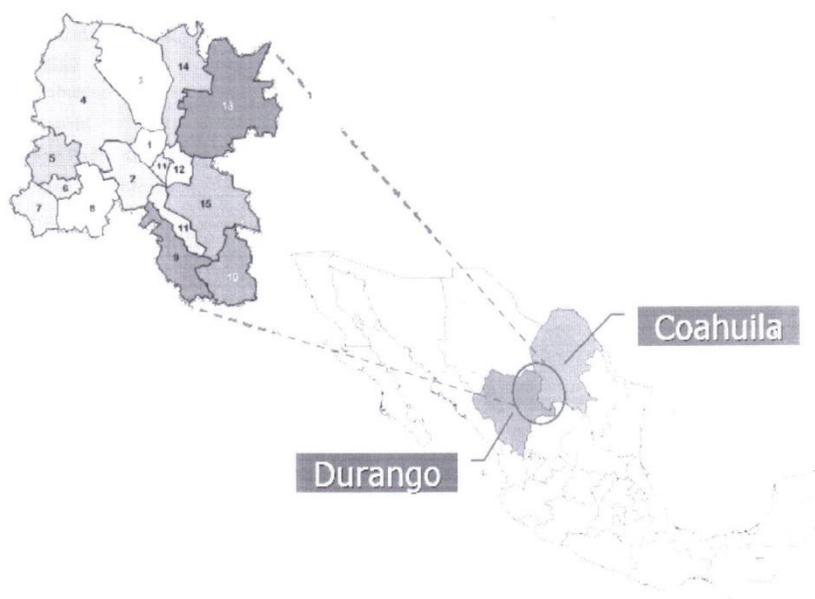
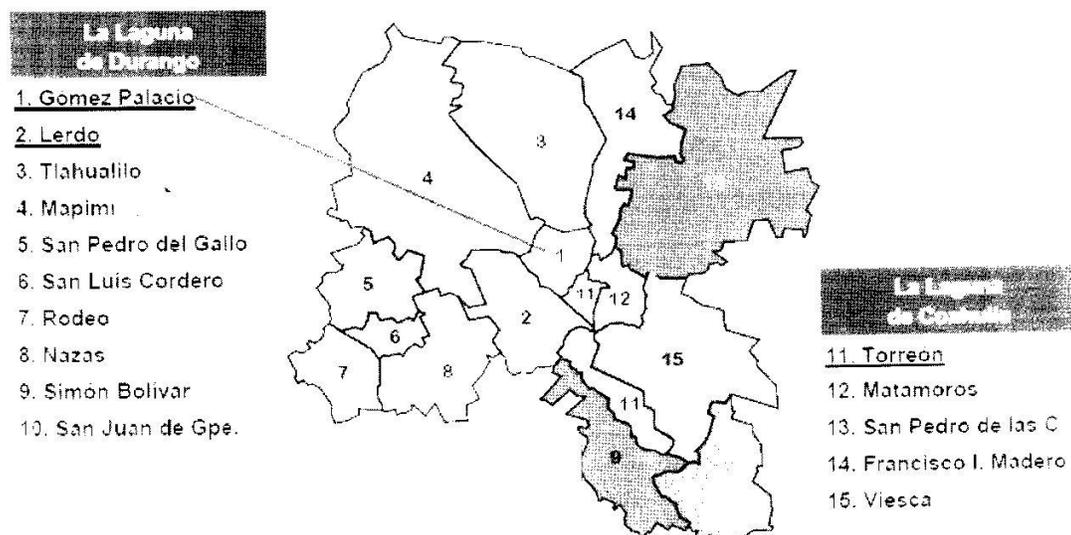


Figura 1. Localización de la Comarca Lagunera en el territorio nacional.

### 3.2 Ubicación del sitio experimental

El experimento fue realizado en el campo agrícola experimental en la Facultad de Agricultura y Zootecnia, División de Estudios de Posgrado, ubicado en el km 28 de la carretera Gómez Palacio-Tlahualilo, Dgo., en el ejido Venecia, Mpio. De Gómez Palacio, Dgo.



**Figura 2. Localización del municipio de Gómez Palacio en la Comarca Lagunera.**

### 3.3 Características físicas y químicas del estiércol

La composición del estiércol varía de acuerdo a factores como la especie, edad y alimentación del ganado, así como el uso de camas, la inclusión o exclusión del excremento líquido y la magnitud de los procesos de descomposición y lavado que haya tenido lugar durante su almacenaje y compostaje (Biblioteca de la Agricultura, 1998).

Algunas de las estructuras orgánicas con diferentes grados de biodegradación del estiércol son la celulosa, hemicelulosa, almidones, quitina, lignina, etc. las cuales debido a la acción enzimática son biodegradadas de polímeros a simples monómeros, liberando iones, los cuales son aprovechados por las plantas.

Los estiércoles en la Comarca Lagunera tienen diferencias en cuanto a contenidos de nutrimentos, Salazar *et al.* (2003) reportan que en términos generales el estiércol (analizado en la FAZ-UJED) contiene 1.02% de Na con una C.E. de 5.5 a 7.6 dSm<sup>-1</sup>.

### 3.4. Espacio de exploración

Los factores en estudio fueron la densidad del cultivo (67,000 y 88,800 p ha<sup>-1</sup>) y estiércol solarizado (de 0 a 120 t ha<sup>-1</sup>).

**Cuadro 2. Factores en estudio, densidad de siembra y tratamientos de estiércol solarizado 2012.**

<b>Factor A</b>	<b>Factor B</b>
Densidad de siembra	Niveles: estiércol(t ha <sup>-1</sup> )
A1 = 67,000 p ha <sup>-1</sup> (baja)	B1 = 0 t ha <sup>-1</sup>
A2 = 88,800 p ha <sup>-1</sup> (alta)	B2 = 40 t ha <sup>-1</sup>
	B3 = 80 t ha <sup>-1</sup>
	B4 = 120 t ha <sup>-1</sup>
	B5 = Fertilizante químico (150-150-0)

Al combinar los factores anteriores obtenemos los tratamientos siguientes:

**Cuadro 3. Unidades experimentales, resultado de la combinación de tratamientos.**

Factor A (densidad)	Factor B (estiércol)	Tratamientos
A1	B1	A1B1 = 0 t ha <sup>-1</sup>
	B2	A1B2 = 40 t ha <sup>-1</sup>
	B3	A1B3 = 80 t ha <sup>-1</sup>
	B4	A1B4 = 120 t ha <sup>-1</sup>
	B5	A1B5 = 150-150-0
A2	B1	A2B1 = 0 t ha <sup>-1</sup>
	B2	A2B2 = 40 t ha <sup>-1</sup>
	B3	A2B3 = 80 t ha <sup>-1</sup>
	B4	A2B4 = 120 t ha <sup>-1</sup>
	B5	A2B5 = 150-150-0

### 3.5. Diseño experimental

El diseño experimental que se empleo fue bloques al azar con un arreglo en franjas con cuatro repeticiones. La unidad experimental fue de dos metros de ancho por cuatro de largo.

### 3.5.1 Análisis estadístico

El modelo estadístico empleado con el diseño de bloques al azar con arreglo en franjas es el siguiente:  $Y_{ijk} = \mu + \beta_i + t_j + \sum_{ij} + \beta_k + \sum_{ik} + (t\beta)_{jk} + \sum_{ijk}$

Donde:

$\mu$  = media general

$\beta$  = efecto de los bloques

$t$  = efecto de los tratamientos

$i, j, k$  = tratamientos, repeticiones

$\sum_{ij}, \sum_{ik}, \sum_{ijk}$  = efecto de los errores

## 3.6 Establecimiento del experimento

### 3.6.1 Preparación del terreno

Se realizaron labores de barbecho a 30 cm de profundidad, rastreo y nivelación, antes de la aplicación del estiércol solarizado, posteriormente se aplicó el estiércol, luego se volvió a dar un paso de rastra para incorporar el estiércol y por último se colocó la tubería y cintilla necesaria para el sistema de riego.

### **3.6.2 Aplicación del estiércol**

La aplicación del estiércol se realizó un mes antes de la siembra por medio de boteo, pesando el estiércol antes de tirarlo en el suelo para hacer la dosificación que le correspondía a cada unidad experimental ya que las dosis que se utilizaron fueron 0, 40, 80 y 120 toneladas por hectárea respectivamente.

### **3.6.3 Siembra**

La siembra se realizó con sembradora de golpe durante el ciclo primavera-verano 2012, utilizando la variedad San Lorenzo, con distancias entre surcos de 0.75 m de separación alternadamente.

### **3.6.4 Fertilización**

Para el tratamiento de fertilización química se utilizó Urea y MAP con una dosis de 150-150-0. Esta se realizó manualmente.

### **3.7 Variables medidas en el suelo**

En cada una de las unidades experimentales se realizaron cinco muestreos quincenales en los estratos 0-7.5 y 7.5-15 cm con un termómetro para determinar las características físicas del suelo. También se realizó un muestreo de suelo al

finalizar el experimento, esto se llevo a cabo con una barrena de caja y una pala extrayendo un kilogramo de suelo en profundidades de 0-30, 30-60, 60-90 y 90-120 cm con el objetivo de determinar sus características químicas mediante análisis de laboratorio.

### **3.8. Características físicas**

- a) Temperatura (determinada con termómetro)

### **3.9 Características químicas**

- a) Potencial de Hidrogeno (pH), determinado con potenciómetro.
- b) Carbonatos insolubles (M.O.) por el método Walkley y Black.
- c) Conductividad eléctrica (C.E.) determinado con Conductmetro.
- d) Nitrógeno inorgánico (nitratos y amonio) por el método de Kjeldahl o arrastre de vapor.
- e) Calcio (Ca) por espectrometría de absorción atómica
- f) Magnesio (Mg) por espectrometría de absorción atómica
- g) Bicarbonatos ( $\text{HCO}_3$ )

### **3.10 Instalación del sistema de riego**

Se instaló la cintilla a una distancia de 75 cm, superficial, con un calibre de 8 mill (0.2 mm), con emisiones cada 15 cm.

### **3.11 Variables evaluadas en la planta**

Las variables evaluadas en la planta fueron: rendimiento de forraje verde, altura de punta y base de espiga, diámetro de tallo, altura y peso de mazorca, además del peso de 100 semillas.

Para las alturas de planta y mazorca se utilizó un estadal, el diámetro de tallo se realizó con un vernier, el rendimiento se realizó con una balanza granataria.

### **3.12 Plagas**

Durante el cultivo se presentó la plaga del gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) al inicio del ciclo, este se controló mediante un agente de control biológico llamado CRISOPA (*Chrysoperla sp.*), después hubo incidencia de araña roja (*Oligonychus mexicanus*) y pulgón la cual se combatió con jabón orgánico.

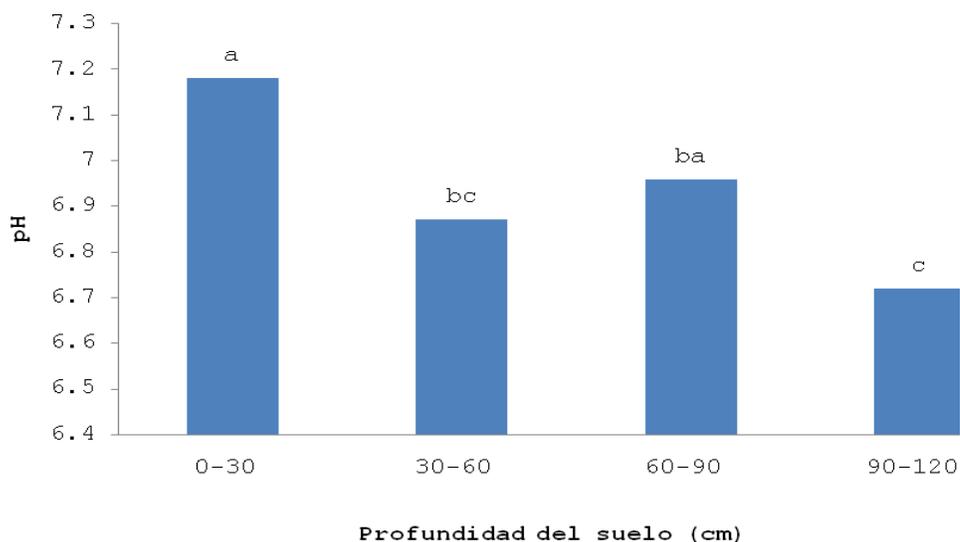
## **IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

En el presente trabajo se analizaron algunas variables de la planta de maíz para grano y maíz para forraje con la finalidad de observar si hay diferencias en el rendimiento y desarrollo fisiológico al utilizar diferentes dosis de abonos orgánicos, además se realizaron análisis de suelo para ver el comportamiento del mismo al utilizar diferentes dosis de estiércol.

### **4.1 Variables medidas en el suelo**

#### **4.1.1. pH**

El Cuadro A1 muestra el análisis de varianza realizado para pH indicando una diferencia significativa en la profundidad con un  $Pr > F$  de 0.0093. La comparación de medias para la profundidad de pH se muestra en la Figura 3; en el horizonte de 0-30 cm se encontró el valor más alto de pH con 7.1 y en el horizonte de 90-120 cm se encontró el valor más bajo con un pH de 6.7. Las condiciones ambientales óptimas para la mineralización de abonos orgánicos incluyen un pH de 6 a 8 (Stanford y Epstein, 1973; Cassman y Munns, 1980; Tate, 1995), encontrándose los valores obtenidos dentro de este rango, lo cual beneficia este proceso.

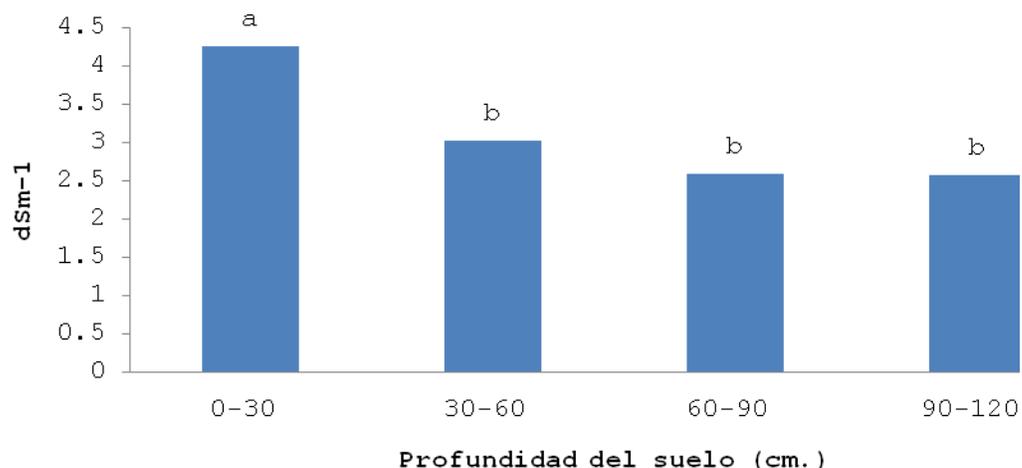


**Figura 3. Medias de pH en la profundidad del suelo para el cultivo de maíz. DEP-FAZ-UJED 2012.**

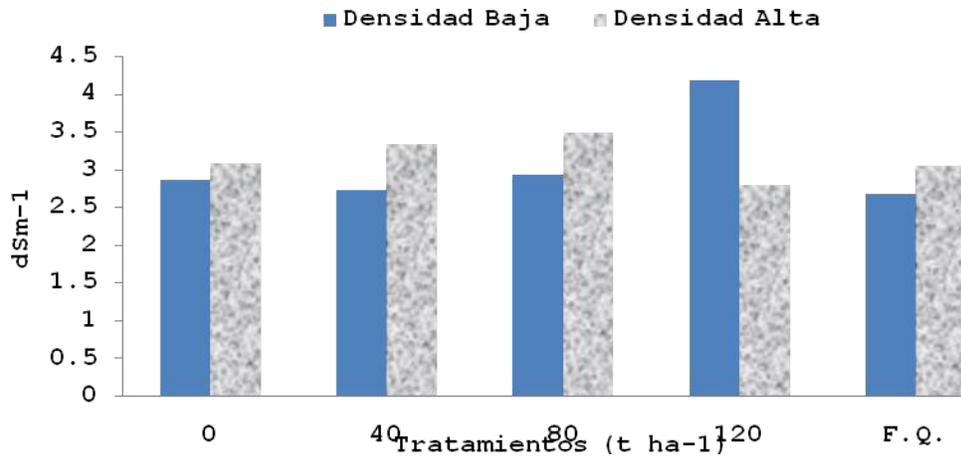
#### 4.1.2. Conductividad eléctrica

Los resultados referentes a la C.E. en el suelo ( $\text{dSm}^{-1}$ ) de acuerdo con el Cuadro A2 de análisis de varianza muestra diferencia significativa para la profundidad con un  $\text{Pr} > \text{F}$  de 0.0002, para la interacción entre la densidad y las dosis de estiércol ( $\text{FA} \times \text{FB}$ ) con un  $\text{Pr} > \text{F}$  de 0.0004, por ultimo para la interacción entre las dosis de estiércol y la profundidad ( $\text{FB} \times \text{PR}$ ) con un  $\text{Pr} > \text{F}$  de 0.0186. La comparación de medias para la profundidad se muestra en la Figura 4, el valor más alto fue del estrato 0-30 cm con  $4.3 \text{ dSm}^{-1}$  y el valor más bajo fue el estrato de 60-90 cm con un valor de  $2.6 \text{ dSm}^{-1}$ . Los resultados para la interacción densidad y estiércol ( $\text{FA} \times \text{FB}$ ) se muestran en la Figura 5, los resultados más altos los obtuvieron la dosis de  $80 \text{ t ha}^{-1}$  en la densidad alta con un valor de  $3.5 \text{ dSm}^{-1}$  y

para densidad baja fue la dosis de 120 t ha<sup>-1</sup> con un valor de 4.2 dSm<sup>-1</sup>. Los resultados arrojados para la interacción estiércol-profundidad (FB\*PR) se muestran en el Cuadro 4, en las dosis de 120 y 80 t ha<sup>-1</sup> a una profundidad de 0-30 cm se encuentran los valores más altos de C.E. La aplicación de estiércol con el tiempo tendrá un efecto positivo en el suelo, sin embargo se debe tener un especial cuidado en la conductividad eléctrica, ya que esta tiende a aumentar y una conductividad eléctrica alta se relaciona con un alto contenido de sales (Castellanos *et al.*, 2000), por tal motivo los valores más altos de C.E. se muestran en los tratamientos con las dosis mayores de estiércol.



**Figura 4. C.E. En el suelo por profundidad para el cultivo de maíz. DEP-FAZ-UJED 2012.**



**Figura 5. C.E. en el suelo en la interacción densidad por estiércol para el cultivo de maíz. DEP-FAZ-UJED 2012.**

**Cuadro 4. Comparación de medias para conductividad eléctrica en la interacción estiércol-profundidad en maíz. DEP-FAZ-UJED 2012.**

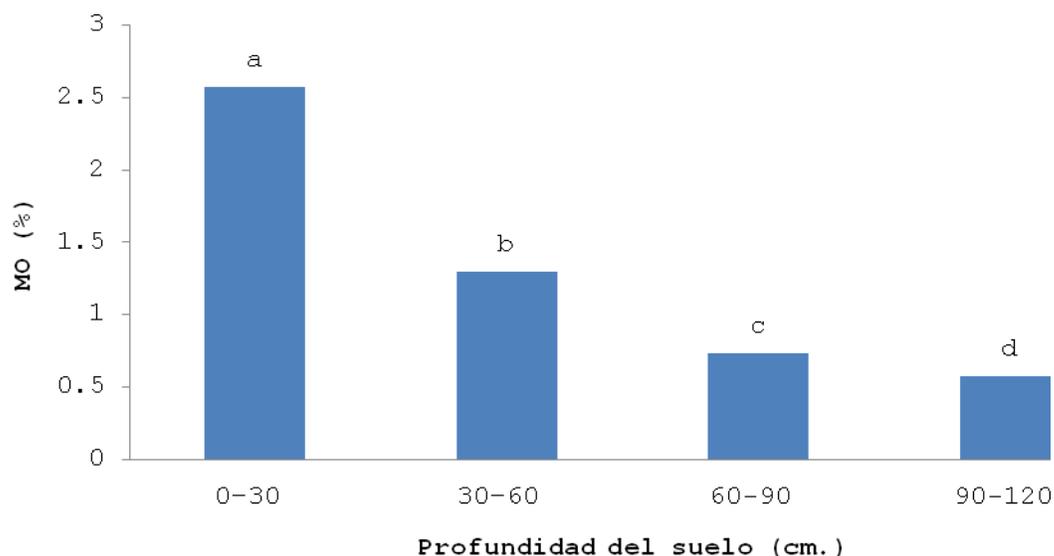
Estiércol (t ha <sup>-1</sup> )	Profundidad del suelo(cm.)			
	0-30	30-60	60-90	90-120
	----- dSm <sup>-1</sup> -----			
0	3.715	2.737	2.702	2.766
40	3.873	3.518	2.365	2.381
80	4.433	2.878	2.778	2.773
120	5.800	3.202	2.571	2.395
F.Q.	3.522	2.780	2.545	2.601

DMS (0.05): 0.4615      Fertilizante Químico: (150-150-0)

#### 4.1.3. Materia orgánica

Para la variable de M.O. el Cuadro A3 de análisis de varianza muestra diferencia significativa para la profundidad con un  $Pr > F$  de  $<.0001$ . La comparación de medias para la profundidad se muestra en la Figura 6, siendo el estrato de 0-30 cm el que contiene mayor cantidad de M.O. con 2.6% y el estrato de 90-120 cm obtuvo el menor contenido de M.O. con 0.6%. Figueroa (2003) menciona que al aumentar la dosis de estiércol de igual manera aumenta la

cantidad de materia orgánica en el suelo, por tal motivo el estrato 0-30 cm es el de mayor contenido de materia orgánica.

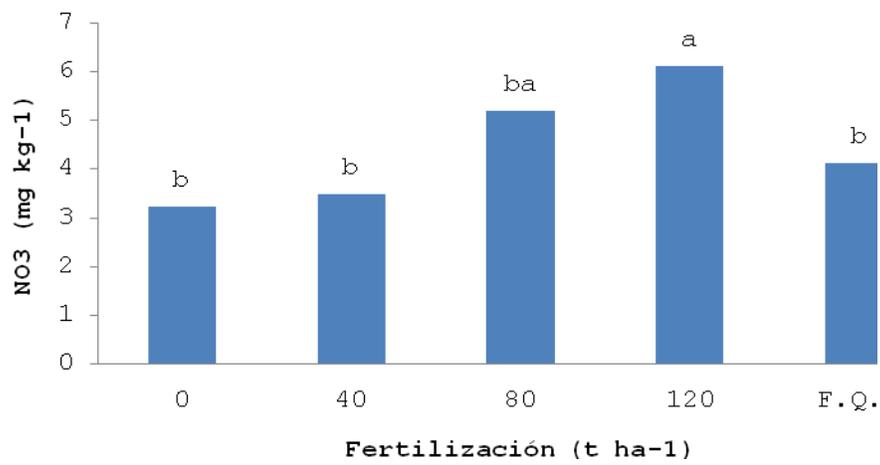


**Figura 6.** M.O. en el suelo según la profundidad para el cultivo de maíz. DEP-FAZ-UJED 2012.

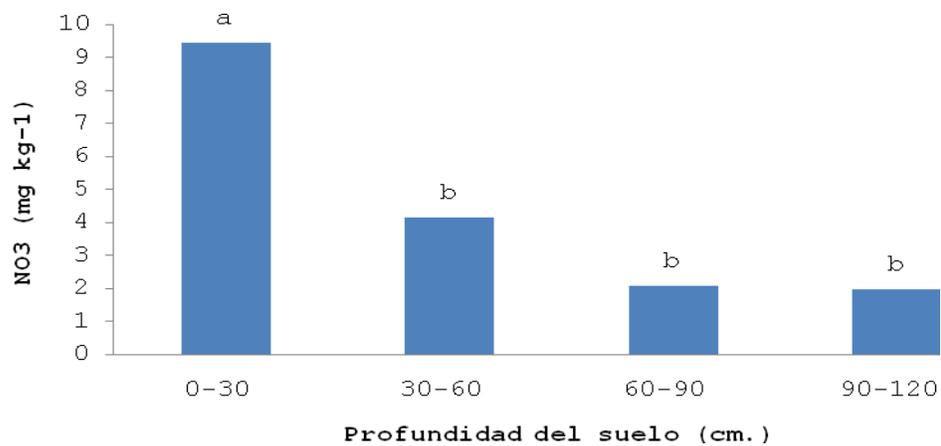
#### 4.1.4. Nitratos

El cuadro A4 de análisis de varianza muestra que hubo diferencia significativa para los tratamientos de estiércol y para la profundidad donde se obtuvo una  $Pr > F$  de 0.0392 y una  $Pr > F$  de  $<.0001$  respectivamente. El contenido de nitratos en el suelo según el estiércol se muestra en la Figura 7 donde la concentración más elevada de estos se registró en  $120 \text{ t ha}^{-1}$  con  $6.1 \text{ mg kg}^{-1}$  y la de menos concentración fue la de  $0 \text{ t ha}^{-1}$  con  $3.2 \text{ mg kg}^{-1}$ . Para la profundidad el estrato que mostro más concentración fue el de 0-30 cm con 9.4

mg kg<sup>-1</sup> y el que menos concentración fue el estrato de 90-120 cm con 2 mg kg<sup>-1</sup> esto se muestra en la Figura 8. El contenido de nitratos es mayor en el primer estrato del suelo, ya que las condiciones de humedad, aireación y temperatura son más favorables para la transformación del nitrógeno a nitratos mediante la mineralización (Vázquez *et al.*, 2001).



**Figura 7.** Nitratos (NO<sub>3</sub>) en el suelo según la dosis de estiércol para el cultivo de maíz. DEP-FAZ-UJED 2012.



**Figura 8.** Nitratos (NO<sub>3</sub>) en el suelo según la profundidad para el cultivo de maíz. DEP-FAZ-UJED 2012.

#### 4.1.5. Calcio

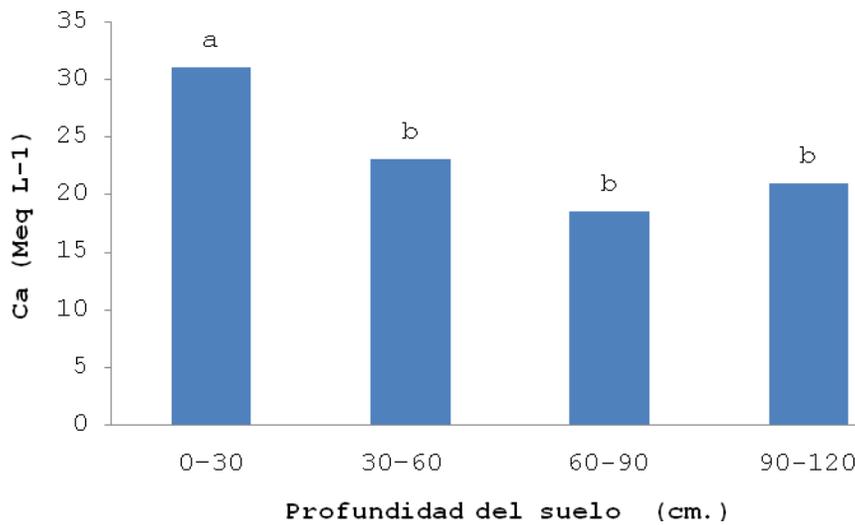
El Cuadro A5 de análisis de varianza muestra significancia estadística para la interacción densidad-estiércol y también para la profundidad con una  $Pr > F$  de 0.0192 y una  $Pr > F$  de 0.0012 respectivamente. En el Cuadro 5 se muestra la comparación de medias para la interacción densidad-estiércol en la cual los valores más altos de calcio los encontramos en la densidad alta; en los niveles de estiércol los valores mayores se encuentran en los niveles de 120 t ha<sup>-1</sup> para la densidad baja con 27.7 Meq L<sup>-1</sup> y para la densidad alta en el fertilizante químico con 29.1 Meq L<sup>-1</sup>. Para la profundidad la concentración más elevada fue en el estrato de 0-30 con un valor de 31 Meq L<sup>-1</sup>, y el estrato que menos concentración de Ca mostro fue el de 60-90 con 18 Meq L<sup>-1</sup> esto se muestra en la Figura 9.

**Cuadro 5. Medias para calcio en la interacción densidad-estiércol en el suelo en el cultivo de maíz. DEP-FAZ-UJED 2012.**

Estiércol	Densidad Baja	Densidad Alta
(t ha <sup>-1</sup> )	----- Meq L <sup>-1</sup> -----	
0	18.281	24.087
40	20.575	24.250
80	23.143	26.268
120	27.718	19.931
F.Q.	20.456	29.150

DMS (0.05): 5.6320

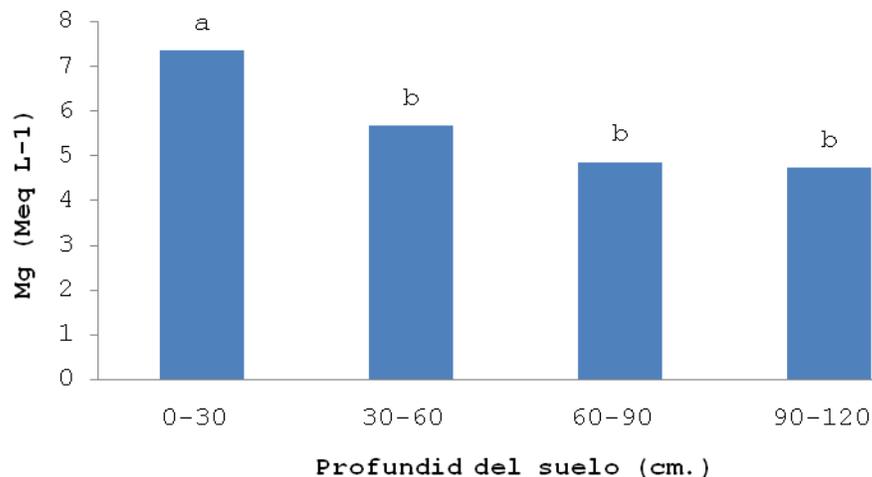
### Fertilizante Químico (150-150-0)



**Figura 9.** Calcio (Ca) en el suelo según la profundidad para el cultivo de maíz. DEP-FAZ-UJED 2012.

#### 4.1.6 Magnesio

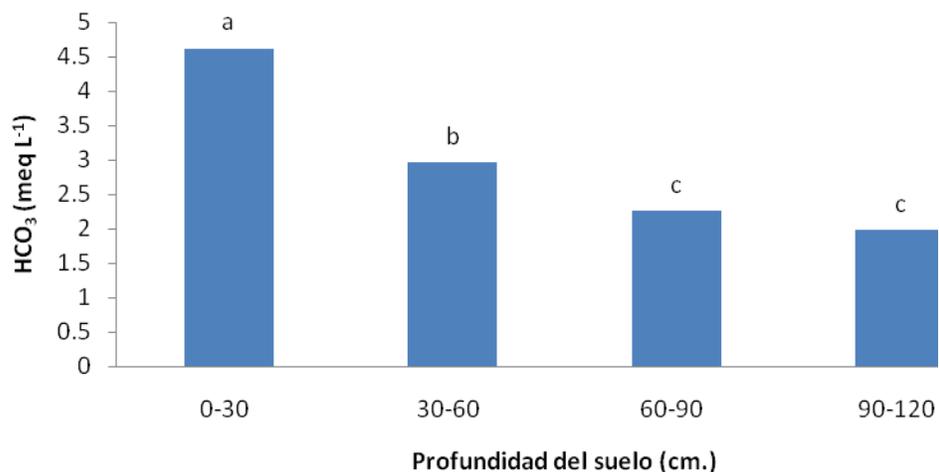
Los resultados del Cuadro A6 de análisis de varianza muestran significancia estadística para la profundidad con  $Pr > F$  de 0.0061. La Figura 10 muestra la cantidad de Magnesio (Mg) que se encontró en el suelo según la profundidad en la cual los resultados más altos fueron en el estrato de 0-30 cm. y el de menor cantidad fue el de 90-120 cm. con 7.5 y 5.2 Meq L<sup>-1</sup> respectivamente.



**Figura 10.** Magnesio (Mg) en el suelo según la profundidad para el cultivo de maíz. DEP-FAZ-UJED 2012.

#### 4.1.7. Bicarbonatos

De acuerdo con el cuadro A7 de análisis de varianza se encontró significancia estadística en la profundidad ( $Pr > F = <.0001$ ) para la variable de Bicarbonatos ( $\text{HCO}_3$ ). En la Figura 11 se observa la concentración de Bicarbonatos por profundidad en el suelo, donde la concentración más elevada fue en el estrato 0-30 cm con  $4.7 \text{ Meq L}^{-1}$  y el de menor concentración fue en el estrato de 90-120 cm con  $2.3 \text{ Meq L}^{-1}$ .

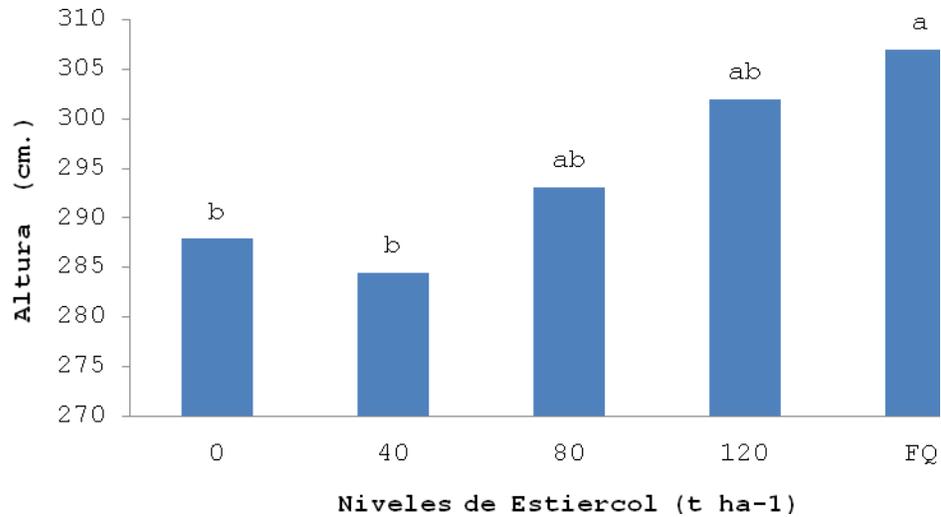


**Figura 11.** Bicarbonatos (HCO<sub>3</sub>) en el suelo según la profundidad para el cultivo de maíz. DEP-FAZ-UJED 2012.

## 4.2. Variables medidas en planta

### 4.2.1. Altura de planta a la punta de espiga

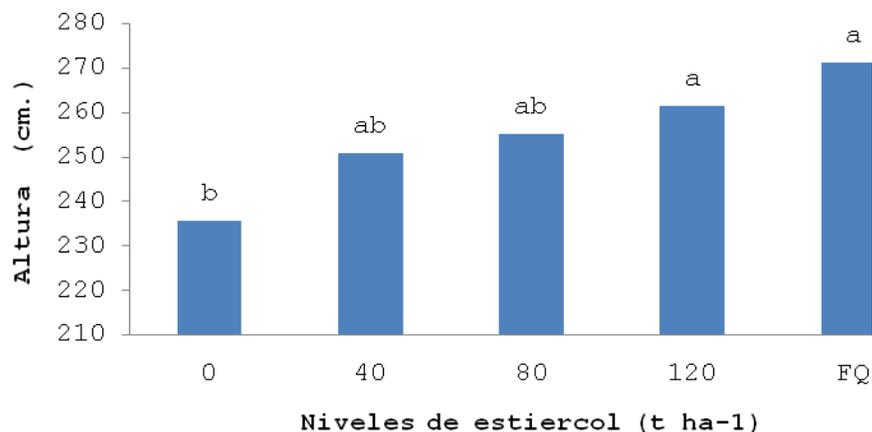
El análisis de varianza para altura de planta se observa en el Cuadro A8 el cual muestra significancia estadística de  $Pr > F$  de 0.0392 para los tratamientos de estiércol. La Figura 12 muestra la comparación de medias de la altura de la planta a la punta de la espiga, donde el fertilizante químico fue el que obtuvo la mayor altura de planta con 3.08 m. y el tratamiento que menor altura obtuvo fue el de 40 t h<sup>-1</sup> con 2.8 m. El tratamiento de 120 t h<sup>-1</sup> mostro una altura de 3.02 m. que es estadísticamente igual que la altura del tratamiento químico.



**Figura 12.** Medias para la altura de planta a la punta de espiga según los tratamientos de estiércol para el cultivo de maíz. DEP-FAZ-UJED 2012.

#### 4.2.2. Altura de planta a la base de espiga

La altura de planta a la base de espiga se encontró diferencia significativa para los niveles de estiércol el cual se muestra en el Cuadro A9 de análisis de varianza. La Figura 13 muestra la comparación de medias, en la que el tratamiento de fertilización química resulto tener mayor altura con 2.71 m. y el tratamiento de 0 t h<sup>-1</sup> de estiércol solarizado fue el que menor altura de planta mostro con 2.35 m. el tratamiento de 120 t h<sup>-1</sup> obtuvo una altura de planta de 2.61 m estadísticamente igual al tratamiento químico.



**Figura 13.** Medias para la altura de planta a la base de espiga según los tratamientos de estiércol para el cultivo de maíz. DEP-FAZ-UJED 2012.

#### 4.2.3. Altura de mazorca

El Cuadro A10 de análisis de varianza arroja una significancia estadística para los tratamientos de estiércol, datos que se muestran en el Cuadro 6 donde el tratamiento de estiércol solarizado que obtuvo mayor altura de mazorca fue el de 80 t ha<sup>-1</sup>, también se encontró significancia para la interacción densidad-estiércol con un Pr > F de 0.0481, en donde la mayor altura para la densidad baja fue de 183 cm. en el tratamiento de 80 t ha<sup>-1</sup> y la mayor altura para la densidad alta fue estadísticamente igual para los tratamientos de 80 t ha<sup>-1</sup> y el factor químico con 176 cm. de altura, dichos datos se observan en el Cuadro 7.

**Cuadro 6. Medias para los tratamientos de estiércol en la altura de mazorca en el cultivo de maíz. DEP-FAZ-UJED.**

<b>Niveles de estiércol</b>	<b>Altura</b>	
<b>(t h<sup>-1</sup>)</b>	<b>(cm.)</b>	
0	158.125	a
40	154.375	b
80	179.500	a
120	166.375	ab
F.Q.	161.625	B
DMS (0.05)= 16.971		

Fertilizante Químico = 150-150-0

**Cuadro 7. Medias para la interacción densidad-estiércol en la altura de mazorca en el cultivo de maíz. DEP-FAZ-UJED.**

<b>Estiércol</b>	<b>Densidad Baja</b>	<b>Densidad Alta</b>
<b>(t ha<sup>-1</sup>)</b>	<b>----- cm.-----</b>	
0	162.50	153.75
40	138.50	170.25
80	183.00	176.00
120	167.50	165.25
F.Q.	147.25	176.00

Fertilizante Químico (150-150-0)

#### **4.2.4 Número de mazorcas**

El Cuadro A11 de análisis de varianza para el numero de mazorca por planta muestra significancia estadística para la densidad con un  $Pr > F$  de  $<.0001$ , siendo la densidad baja la que cuenta con una mayor cantidad de mazorca. Payan-García *et al.* (2009) mencionan que el porcentaje de mazorca es una de las características más importantes que determinan el valor energético de los ensilados de maíz. Dichos datos se muestran en el Cuadro 8.

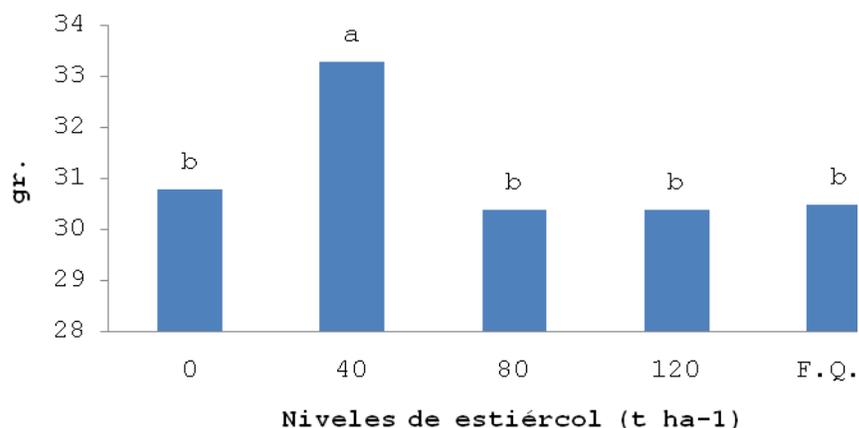
**Cuadro 8. Medias de número de mazorcas por planta para la densidad en el cultivo de maíz. DEP-FAZ-UJED 2012.**

DENSIDAD	Mazorca planta <sup>-1</sup>
Baja	1.45000 a
Alta	1.05000 b

DMS(0.05)= 12E-9

#### 4.2.5 Peso de 100 semillas

En el cuadro A12 se muestra el análisis de varianza para 100 semillas indicando significancia estadística para el estiércol con un  $Pr > F$  de 0.0152 en donde el tratamiento de 40 t ha<sup>-1</sup> mostro el mayor peso con 33.3 gr, en la Figura 14 se muestran estos valores. También hay significancia estadística para la interacción densidad-estiércol con un  $Pr > F$  de 0.0211 donde ambas densidades (baja y alta) mostraron el mayor peso en el tratamiento de 40 t ha<sup>-1</sup> con un valor de 33.49 gr. y 33.12 gr. respectivamente, estos valores se ven en el Cuadro 9.



**Figura 14.** Medias para el peso de 100 semillas según los tratamientos de estiércol para el cultivo de maíz. DEP-FAZ-UJED 2012.

**Cuadro 9. Medias para la interacción densidad-estiércol del peso de 100 semillas en el cultivo de maíz. DEP-FAZ-UJED.**

Estiércol (t ha <sup>-1</sup> )	Densidad Baja ----- gr.-----	Densidad Alta
0	30.77	30.95
40	33.49	33.12
80	29.71	31.23
120	30.47	30.34
F.Q.	32.91	28.22

Fertilizante Químico:(150-150-0)

#### 4.2.6 Producción de forraje verde

El análisis de varianza Cuadro A13 para la producción de forraje verde muestra una significancia estadística para los tratamientos de estiércol con un  $P > F$  de  $<.0001$ , en donde el tratamiento de 120 t ha<sup>-1</sup> obtuvo una biomasa de 93.1 t ha<sup>-1</sup> de forraje verde; el de 0 t ha<sup>-1</sup> obtuvo la menor cantidad de biomasa con 34 t ha<sup>-1</sup>, estos datos se muestran a continuación en el Cuadro 10. Los resultados obtenidos fueron superiores a la media mencionada por Reta *et al.* (2002) de 45 t ha<sup>-1</sup> de forraje fresco en la Comarca Lagunera.

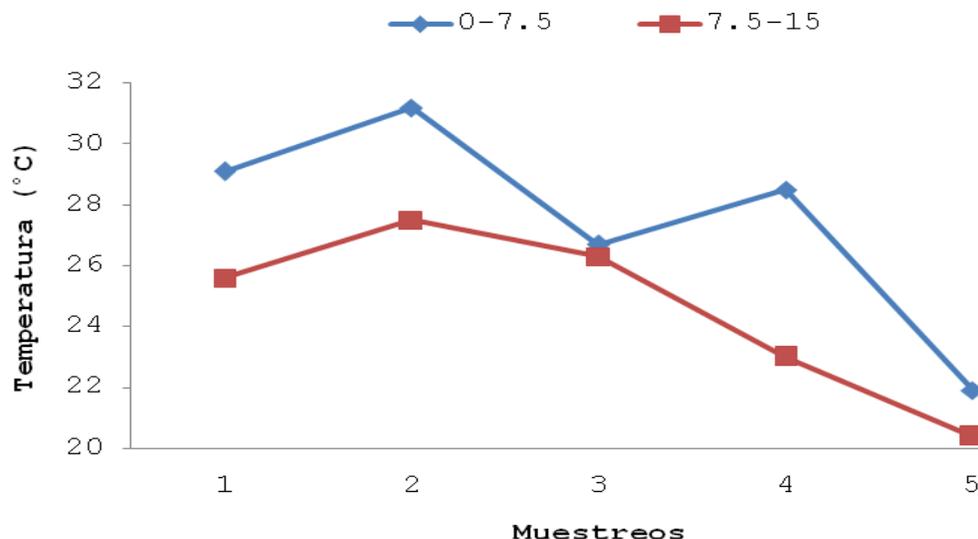
**Cuadro 10. Medias de producción de forraje verde de maíz por tratamiento de estiércol. DEP-FAZ-UJED 2012.**

Estiércol	Biomasa
----- t ha <sup>-1</sup> -----	
0	34.0 b
40	87.7 a
80	86.7 a
120	93.1 a
F.Q.	84.6 a
DMS (0.05): 16.3	
F.Q.: (150-150-0)	

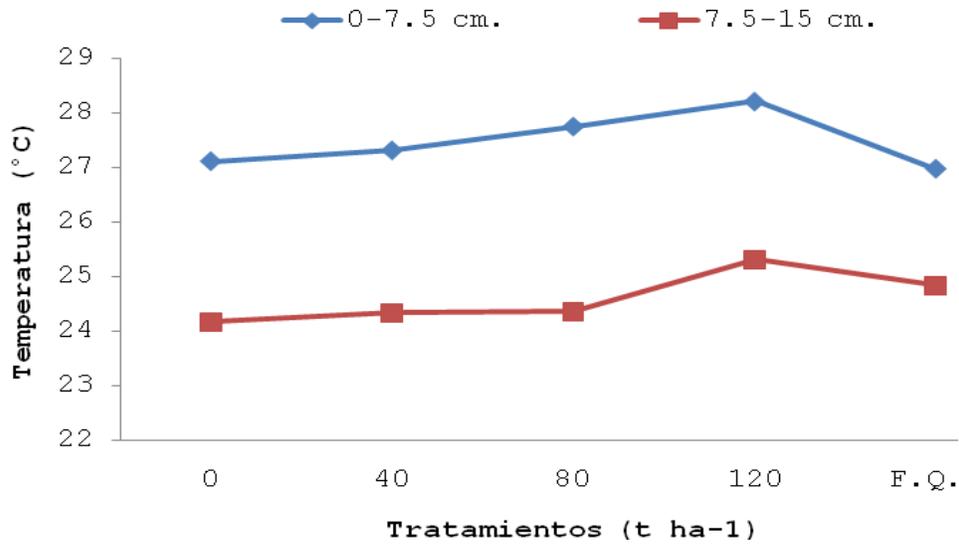
### 4.3. Temperatura

Se realizaron cinco muestreos de temperatura, los análisis de varianza mostrados en los Cuadros A14 al A18 arrojan que cuatro muestreos tienen una diferencia significativa para la profundidad una con un  $Pr > F$  de 0.0155 para el primer muestreo, 0.0026 para el segundo, 0.0020 para el cuarto y 0.0436 en el quinto. En la Figura 15 se observa el comportamiento de las temperaturas en los diferentes muestreos según la profundidad indicando que la mayor temperatura para el estrato 0-7.5 cm fue de 31.2 °C y para el estrato 7.5-15 cm fue de 27.5 °C. Con respecto a los tratamientos de estiércol no hubo diferencia significativa, sin embargo el que registro una mayor temperatura fue el de 120 t ha<sup>-1</sup> con 28.2 °C

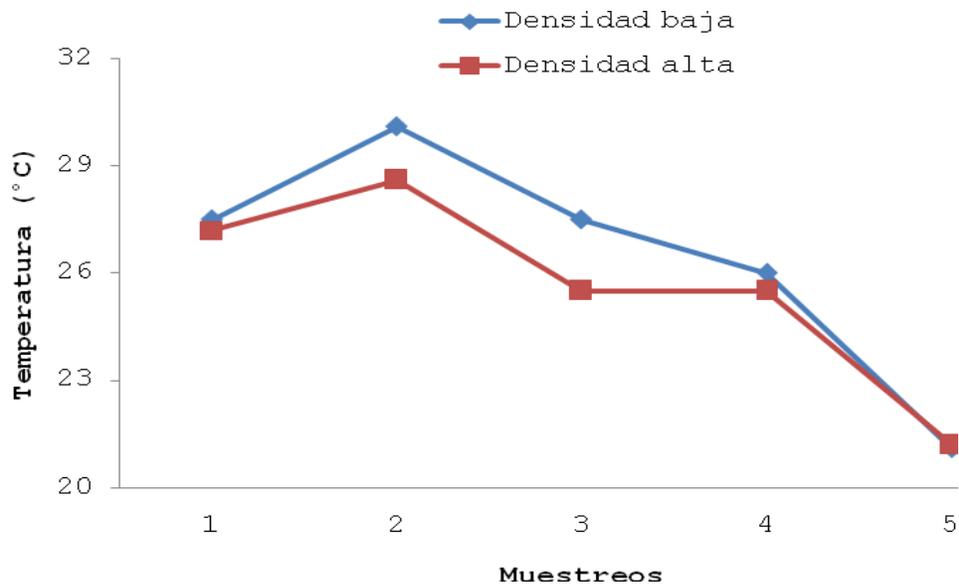
para el estrato 0-7.5 y 25.3 °C para el estrato 7.5-15 valores mostrados en la Figura 16. De igual forma las densidades no tuvieron diferencia significativa pero cabe mencionar que en la densidad baja se obtuvo una temperatura mayor de 30.1 °C y en la densidad alta de 28.6 °C (Figura 17); las temperaturas observadas a lo largo del ciclo fluctúan entre los 20 y 31 °C encontrándose dentro del rango adecuado para que exista actividad microbiana (25-36 °C) y para la biodegradación de la materia orgánica (Salazar *et al*, 2007).



**Figura 15.** Medias para temperatura según la profundidad en el cultivo de maíz. DEP-FAZ-UJED 2012.



**Figura 16.** Medias para temperatura según los tratamientos de estiércol en el cultivo de maíz. DEP-FAZ-UJED 2012.



**Figura 17.** Medias para temperatura según la densidad del cultivo de maíz. DEP-FAZ-UJED 2012.

## V. CONCLUSIONES

Los resultados de los análisis de suelo nos hacen concluir que los valores obtenidos en el presente proyecto se encuentran dentro de las condiciones necesarias para que el cultivo del maíz tenga un buen desarrollo, puesto que el pH se encuentra en un rango de 7.1 a 6.7 y el ideal para el cultivo es de 6 a 8 de pH; la conductividad eléctrica se encontró dentro de un rango de 4.3 a 2.6  $\text{dSm}^{-1}$ ; se obtuvo un 2.6% de materia orgánica; un 9.4  $\text{mg kg}^{-1}$  de nitratos; para calcio, magnesio y bicarbonato se obtuvieron 31, 7.5 y 4.7  $\text{Meq L}^{-1}$  respectivamente, todos estos resultados se dieron en el estrato 0-30 cm y a una mayor dosis de estiércol aumentaron los valores.

Con respecto a las diferentes alturas los valores mayores se obtuvieron en la dosis de fertilizante químico y 80  $\text{t ha}^{-1}$  con un valor de 3.08, 2.7 y 1.8 m para altura de espiga, altura a base de espiga y altura de mazorca respectivamente, indicándonos que a una mayor dosis de nutrientes una mayor altura.

El peso de 100 mazorcas tuvo su mayor rendimiento en el tratamiento de 40  $\text{t ha}^{-1}$ .

La producción de forraje verde rebaso la producción promedio de la región puesto que se obtuvo  $93.1 \text{ t ha}^{-1}$  en el tratamiento de  $120 \text{ t ha}^{-1}$ , esto debido a que las condiciones que aportaron la dosis de estiércol, el riego superficial y las temperaturas optimas influyeron para el buen desarrollo del cultivo.

En cuanto a las temperaturas el valor más alto se registro en el tratamiento de  $120 \text{ t ha}^{-1}$  con una temperatura de  $28.2 \text{ }^{\circ}\text{C}$  y para el estrato 0-7.5 y 7.5-15 cm se obtuvieron  $31.2$  y  $27.5 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ; estas temperaturas se encontraron dentro del rango ideal para la mineralización de la materia orgánica.

## VI. LITERATURA CITADA

Borie B., F. 1994. "Microorganismos y Cero Labranza". Frontera Agrícola. Año 2, No. 1.

Castellanos, J.Z., J. Uvalle, A. Aguilar S. 2000. Manual de interpretación de análisis de suelos y aguas. 2da Ed. Instituto de capacitación para la productividad agrícola. México DF. 226p.

Cassman, K.G. y D.N. Munns. 1980. Nitrogen mineralization as affected by soil moisture, temperature, and depth. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 44:1233-1237.

Claude, J.P. The Sustainability and potential of subsurface drip irrigation 1995. Micro irrigation for a changing world: Conserving Resources/Preserving the Environment. ASAE publication 4-95.

Crovetto, C. 1994. "Rastrojo y Cero Labranza". Frontera Agrícola. Año 2, No. 1.

Eghball, B., B.J. Wienhold, J.E. Guillery y R.A. Eigenberg. 2002. Mineralization of manure nutrients. *J. of Soil and Water Conservation*, 57(6):470-473.

Ensminger *et al.* 1990. Feeds and Nutrition. P 478.

Figuroa V., U. 2003. Uso sustentable del suelo en abonos Orgánicos y Platicultura. Gómez Palacio, Durango, México. FAZ UJED SMCS Y COCYTED.

Figuroa V., U. 2004. Uso adecuado de estiércol permite sustituir los fertilizantes inorgánicos. El Siglo de Torreón, Agropecuaria. 22 de febrero del 2004. Torreón, Coahuila, México.

Flores, M.J.P. 2007. Resinas de intercambio iónico para evaluar la mineralización de nitrógeno en suelos tratados con abonos orgánicos. In: Salazar *et al.* (eds.): Uso y aprovechamiento de abonos orgánicos e inocuidad.

Flores, M.J.P., Corral, D.B., Figueroa, V.U., Mauricio, R.L. y Sotomayor, V.V. 2009. Nitrógeno mineralizable de estiércol bovino lechero en suelos agrícolas del norte de México. In: Agricultura Orgánica. 2da Ed. Sociedad Mexicana de la ciencia del suelo (SMCM), CONACYT. Gómez Palacio, Durango. p 152-172.

Fontanie C., G. y Concha P., M. 1997. "Evaluación Económica de la Producción de Maíz Bajo Tecnología Orgánica (Segunda etapa)". PHAROS. Vol. 4, No. 2.

Fortis M., Salazar E., Orona C.I., Leos R.J., Rodríguez R.C., Montemayor T.J., García S.J., Aldaco N.R. 2007 Capítulo 1 Estadística de la producción orgánica. Uso y aprovechamiento de los abonos orgánicos e inorgánicos e inocuidad. Impresos selectos ARAC.

Gómez Cruz, M.A., Gómez Tovar, L. y Schwentesius Rindermann, R. 2003. México como abastecedor de productos orgánicos. Rev. Comercio Exterior. Vol. 53, No. 2. México, D.F.

INEGI. 1997. Estadísticas Nacionales. SEMARNAT.

Luévano G.A., Velázquez N.E. 2001. Ejemplo singular en los agronegocios, Estiercol Vacuno: de problema ambiental a excelente recurso. Revista Mexicana de Agonegocios, Julio-Diciembre. Sociedad Mexicana de Administración Agropecuaria A.C. La Universidad Autónoma de la Laguna. La Universidad

Autónoma Agraria “Antonio Narro” Unidad Laguna. Torreón, Coahuila, México. Pp 306-308.

Lynd L.R., Weiner P.J., Van Zyl W.A., Pretorius I.S. 2002. Microbial cellulose utilization: Fundamentals Biotechnology. Microbiology and Molecular Biology 6.

Mendoza, R.J.L. 2003. Manejo de cultivos para grano mediante riego por goteo. INIFAP-CIRNOC. Campo Experimental Valle del Fuerte. Folleto técnico Num. 18. Los Mochis, Sinaloa, México. Pp 8 y 9.

Payan G.J.A., Amado A.J.P., Báez I.F., Chávez S.N. 2009. Abonos orgánicos para producir forraje de maíz y zacate ballico con buena calidad nutritiva en Chihuahua. In: Agricultura Orgánica. 2da Ed. Sociedad Mexicana de la ciencia del suelo (SMCM), CONACYT. Gómez Palacio, Durango. p 1-19.

Pérez-Canedo, F. 2008. El Siglo de Torreón. Produce la región la mitad del estiércol de vaca en México. 29 de julio del 2008. Torreón, Coahuila, México.

Phene C.J., Davis K.R., Hutmacher and McCormick. 1987. Adertenges of subsurface irrigation for processing totatoes. Acta Hortic.

Rasnake, M., B. Thom y F. Sikora. 2000. Using animal manures as nutrient sources. Cooperative extension services, College of Agriculture, University of Kentucky. ARG-146. 4p. <http://www.ca.uky.edu>.

Reta S.D.G., Carrillo J.S., Gaytan M.H., Cueto W.J. 2002. Sistemas de producción para incrementar la productividad y sustentabilidad del maíz en la Comarca Lagunera. Informe técnico. CELALA-CIRNOC. INIFAP.

Robles P.J., Garza L.C., Taddei B.C., Armenta C.A. Convergencias de mercado y posicionamiento competitivo del sistema de maíz en el Noreste de México. Centro De Investigación En Alimentación Y Desarrollo, A.C. Hermosillo, Sonora, México.

SAGARPA. 2000. Anuario estadístico de la producción agropecuaria 2000. Sistema de información agropecuaria. Región Laguna Coahuila-Durango. Alianza por el campo. Subdelegación De Planeación Y Desarrollo Rural. Lerdo, Durango, México.

SAGARPA. 2007. Servicio De Información Agroalimentaria Y Pesquera (SIAP). Anuario estadístico de la producción agrícola. 2006.

SAGARPA. 2008. Servicio De Información Agroalimentaria Y Pesquera (SIAP). Anuario estadístico de la producción agrícola. 2007.

Salazar S.E., Vázquez V.C., Rivera O.O. 2002. Manejo y biodegradación del estiércol bovino en la Comarca Lagunera, Memorias de la XV semana internacional de agronomía. Facultad de Agronomía y Zootecnia de la Universidad Juárez del Estado de Durango (CAE-FAZ-UJED).

Salazar S.E., Vázquez V.C., Leos R.J., Fortis H.M., Montemayor T.J. 2003. Mineralización del estiércol bovino y su impacto en la calidad del suelo y producción de tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill) bajo riego subsuperficial. Publicado en Phytón, Argentina.

Salazar S.E., López M.J., Trejo E.H.I., Vázquez V.C., Fortis H.M., Zuñiga T.R., Vital S.J. y A.P. 2007. Aplicación al suelo de estiércol bovino con y sin solarizar y

su impacto en maíz forrajero. In: Uso y Aprovechamiento de Abonos Orgánicos e inocuidad. Pp: 82-113.

Stanford, G. y E. Epstein. 1973. Nitrogen mineralization-water relation in soils. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 38:103-107.

Tate, R.L. 1995. Soil Microbiology. John Wiley & Sons. New York, NY.

Trinidad S.A. 2006. Abonos orgánicos en sistemas de agronegocios agrícolas. Ed. Colegio de posgraduados, SAGARPA. Pp 1:2.

Trinidad, A. 2007. Utilización de estiércoles, SAGARPA, Secretaria de Desarrollo Rural. Dirección general de apoyo para el desarrollo rural. Montecillo, Estado de México. 1-8 p.

Valero C.J. 2007. Agricultura Orgánica, Generalidades en México. Campo experimental "El Verdineño", INIFAP, Nayarit, México. RNIAF, Memorias 2007.

Vázquez V.C., Reyes O.M., Salazar S.E., Figueroa V.R., López M.J. Orona C.I., Zuñiga T.R., Jiménez F. 2008. Solarización del estiércol de bovino para producción de abono orgánico inocuo en la comarca Lagunera. Revista AgroFAZ. Vol. 8. No. 2.

Willer Helga and Minou Yussefi. 2006. The world of organic agriculture. Statistics and emerging trends 2006. International federation of organic agriculture movements (IFOAM), Bonn Germany & Research institute of organic agriculture FiBL, Frick, Switzerland.

## VII. ANEXOS

**Cuadro A 1.** Análisis de Varianza para pH en el suelo en el cultivo de Maíz. DEP-FAZ-UJED 2012.

<b>Fuente de variación</b>	<b>G.L.</b>	<b>Suma de Cuadrados</b>	<b>de Cuadrados medios</b>	<b>Valor de F</b>	<b>Pr &gt; F</b>
Repetición	3	1.079	0.359	0.73	0.5395
FA (densidad)	1	0.099	0.099	0.11	0.7659
FA*R	3	2.795	0.932	1.89	0.1441
FB (estiércol)	4	2.446	0.611	1.32	0.3189
FA*FB	4	5.517	1.379	2.97	0.0642
FB*R	12	5.573	0.464	0.94	0.5153
PR (profundidad)	3	4.473	1.491	7.15	0.0093
R*PR	9	1.877	0.209	1.09	0.4513
FA*PR	3	1.826	0.609	1.23	0.3077
FA*R*PR	9	1.726	0.192	0.39	0.9347
FB*PR	12	7.627	0.635	1.86	0.0750
FB*R*PR	36	12.310	0.342	0.69	0.8730
FA*FB*PR	12	11.949	0.996	2.91	0.0065

Error	48	23.682	0.493
Total	159	82.981	
R-cuadrado		0.715	
C.V.		10.130	

**Cuadro A 2. Análisis de Varianza para la conductividad eléctrica (C.E.) en el suelo para el cultivo de Maíz. DEP-FAZ-UJED 2012.**

Fuente de variación	G.L.	Suma de Cuadrados	de Cuadrados medios	Valor de F	Pr > F
Repetición	3	28.431	9.477	10.69	<.0001
FA (densidad)	1	0.201	0.201	0.22	0.6735
FA*R	3	2.796	0.932	1.05	0.3786
FB (estiércol)	4	7.712	1.928	1.83	0.1882
FA*FB	4	22.067	5.516	6.22	0.0004
FB*R	12	12.651	1.054	1.19	0.3178
PR (profundidad)	3	75.822	25.274	21.79	0.0002
R*PR	9	10.440	1.160	1.31	0.2576
FA*PR	3	1.242	0.414	0.47	0.7065

FA*R*PR	9	6.469	0.719	0.81	0.6086
FB*PR	12	24.915	2.076	2.34	0.0186
FB*R*PR	36	23.824	0.661	0.75	0.8184
FA*FB*PR	12	11.929	0.994	1.12	0.3659
Error	48	42.557	0.886		
Total	159	271.061			
R-cuadrado	0.843				
C. V.	30.207				

**Cuadro A 3. Análisis de Varianza para materia orgánica en el suelo en el cultivo de maíz. DEP-FAZ-UJED 2012.**

<b>Fuente de variación</b>	<b>G.L.</b>	<b>Suma de Cuadrados</b>	<b>de Cuadrados medios</b>	<b>Valor de F</b>	<b>Pr &gt; F</b>
Repetición	3	2.963	0.988	8.89	<.0001
FA (densidad)	1	0.033	0.033	0.43	0.5581
FA*R	3	0.229	0.077	0.69	0.5628
FB (estiércol)	4	0.646	0.161	0.57	0.6913

FA*FB	4	0.169	0.042	0.15	0.9603
FB*R	12	3.415	0.284	2.56	0.0105
PR (profundidad)	3	99.003	33.001	416.16	<.0001
R*PR	9	0.714	0.079	0.51	0.8330
FA*PR	3	0.529	0.176	1.59	0.2045
FA*R*PR	9	1.392	0.155	1.39	0.2181
FB*PR	12	2.822	0.235	1.73	0.0998
FB*R*PR	36	4.880	0.135	1.22	0.2569
FA*FB*PR	12	1.007	0.084	0.62	0.8121
Error	48	5.331	0.111		
Total	159	123.133			
<hr/>					
R-cuadrado	0.957				
C.V.	25.719				
<hr/>					

**Cuadro A 4. Análisis de Varianza para nitratos en el suelo en el cultivo de maíz. DEP-FAZ-UJED 2012.**

<b>Fuente de variación</b>	<b>G.L.</b>	<b>Suma de Cuadrados</b>	<b>de Cuadrados medios</b>	<b>Valor de F</b>	<b>Pr &gt; F</b>
Repetición	3	111.011	37.004	2.45	0.0752
FA (densidad)	1	8.358	8.358	0.81	0.4340
FA*R	3	30.894	10.298	0.68	0.5681
FB (estiércol)	4	186.014	46.503	3.55	0.0392
FA*FB	4	157.890	39.473	3.02	0.0617
FB*R	12	157.089	13.091	0.87	0.5859
PR (profundidad)	3	1466.811	488.937	25.72	<.0001
R*PR	9	171.122	19.013	3.50	0.0381
FA*PR	3	132.067	44.022	2.91	0.0439
FA*R*PR	9	48.916	5.435	0.36	0.9487
FB*PR	12	458.829	38.236	3.25	0.0030
FB*R*PR	36	423.393	11.761	0.78	0.7828
FA*FB*PR	12	140.859	11.738	1.00	0.4701
Error	48	726.064	15.126		

Total 159 4219.318

---

R-cuadrado 0.828

C.V. 87.683

---

**Cuadro A 5. Análisis de Varianza para calcio en el suelo para el cultivo de maíz. DEP-FAZ-UJED 2012.**

<b>Fuente de variación</b>	<b>G.L.</b>	<b>Suma de Cuadrados</b>	<b>de Cuadrados medios</b>	<b>Valor de F</b>	<b>Pr &gt; F</b>
Repetición	3	1948.766	649.588	6.72	0.0007
FA (densidad)	1	292.140	292.140	4.28	0.1304
FA*R	3	204.804	68.268	0.71	0.5531
FB (estiércol)	4	305.680	76.420	0.48	0.7468
FA*FB	4	1259.505	314.876	3.26	0.0192
FB*R	12	1891.400	157.616	1.63	0.1148
PR (profundidad)	3	3530.698	1176.899	13.28	0.0012
R*PR	9	797.534	88.614	0.92	0.5192
FA*PR	3	301.247	100.415	1.04	0.3840

---

FA*R*PR	9	514.377	57.153	0.59	0.7978
FB*PR	12	282.263	23.521	0.24	0.9946
FB*R*PR	36	3488.925	96.914	1.00	0.4911
FA*FB*PR	12	1039.474	86.622	0.90	0.5572
Error	48	4641.150	96.690		
Total	159	20497.969			
R-cuadrado	0.773				
C. V.	42.046				

**Cuadro A 6. Análisis de Varianza para magnesio en el suelo para el cultivo de maíz. DEP-FAZ-UJED 2012.**

Fuente de variación	G.L.	Suma de cuadrados	de Cuadrados medios	Valor de F	Pr > F
Repetición	3	70.132	23.377	4.11	0.0113
FA (densidad)	1	20.164	20.164	5.17	0.1076
FA*R	3	11.701	3.900	0.69	0.5651
FB (estiércol)	4	13.900	3.475	0.26	0.8986
FA*FB	4	59.453	14.863	1.11	0.3974

FB*R	12	161.048	13.421	2.36	0.0177
PR (profundidad)	3	175.845	58.615	8.18	0.0061
R*PR	9	64.463	7.162	1.55	0.2634
FA*PR	3	16.521	5.507	0.97	0.4154
FA*R*PR	9	41.701	4.633	0.81	0.6052
FB*PR	12	55.968	4.664	0.96	0.5001
FB*R*PR	36	174.412	4.845	0.85	0.6893
FA*FB*PR	12	85.326	7.110	1.47	0.1820
Error	48	272.972	5.687		
Total	159	1223.608			
<hr/>					
R-cuadrado	0.777				
C.V.	42.049				
<hr/>					

**Cuadro A 7. Análisis de Varianza para bicarbonatos en el suelo para el cultivo de maíz. DEP-FAZ-UJED 2012.**

<b>Fuente de variación</b>	<b>G.L.</b>	<b>Suma de Cuadrados</b>	<b>de Cuadrados medios</b>	<b>Valor de F</b>	<b>Pr &gt; F</b>
Repetición	3	2.917	0.972	1.20	0.3187
FA (densidad)	1	0.756	0.756	0.64	0.4824
FA*R	3	3.549	1.183	1.46	0.2362
FB (estiércol)	4	3.103	0.775	0.63	0.6520
FA*FB	4	6.162	1.540	1.25	0.3434
FB*R	12	14.833	1.236	1.53	0.1465
PR (profundidad)	3	168.380	56.126	139.51	<.0001
R*PR	9	3.621	0.402	0.54	0.8125
FA*PR	3	4.640	1.547	1.91	0.1399
FA*R*PR	9	6.681	0.742	0.92	0.5174
FB*PR	12	12.789	1.066	0.65	0.7896
FB*R*PR	36	59.467	1.652	2.04	0.0105
FA*FB*PR	12	21.274	1.773	1.07	0.4098
Error	48	38.788	0.808		

Total	159	346.959
-------	-----	---------

---

R-cuadrado	0.888
------------	-------

C. V.	30.485
-------	--------

---

**Cuadro A 8. Análisis de Varianza para la altura de la planta a la punta de espiga para el cultivo de maíz. DEP-FAZ-UJED 2012.**

<b>Fuente de variación</b>	<b>de GL</b>	<b>SUMA DE CUADRADOS</b>	<b>DE CUADRADOS MEDIOS</b>	<b>F-Valor</b>	<b>Pr &gt; F</b>
R	3	3057.200	1019.067	2.45	0.1142
FA (densidad)	1	245.025	245.025	0.68	0.4697
FA*R	3	1719.500	573.167	1.38	0.2974
FB (estiércol)	4	5589.850	1397.462	3.55	0.0392
FA*FB	4	1293.750	323.437	0.78	0.5615
FB*R	12	3474.550	289.546	0.69	0.7310
Error	12	5000.250	416.687		
Total	39	18727.600			
R-cuadrado		0.733001			

CV

6.921982

**Cuadro A 9. Análisis de Varianza para la altura de la planta a la base de espiga para el cultivo de maíz. DEP-FAZ-UJED 2012.**

<b>Fuente de variación</b>	<b>de GL</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>de Cuadrados medios</b>	<b>F-Valor</b>	<b>Pr &gt; F</b>
R	3	2805.8750	935.291667	1.35	0.3037
FA (densidad)	1	245.0250	245.02500	0.68	0.4697
FA*R	3	1091.35	272.837500	0.69	0.6106
FB (estiércol)	4	5589.850	1397.46250	3.55	0.0392
FA*FB	4	1091.350	272.837500	0.39	0.8086
FB*R	12	4720.750	393.395833	0.57	0.8289
Error	12	8292.850	691.07083		
Total	39	23824.9750			
R-cuadrado		0.651926			
CV		10.30810			

**Cuadro A 10. Análisis de Varianza para la altura de mazorca para el cultivo de maíz. DEP-FAZ-UJED 2012.**

<b>Fuente de variación</b>	<b>de GL</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>de Cuadrados medios</b>	<b>F-Valor</b>	<b>Pr &gt; F</b>
R	3	4672.40	1557.466667	3.09	0.0681
FA (densidad)	1	722.50	722.50	1.22	0.3495
FA*R	3	1772.30	590.766667	1.17	0.3616
FB (estiércol)	4	3029.50	757.3750	3.12	0.0563
FA*FB	4	3208.0	802.0	3.30	0.0481
FB*R	12	2912.10	242.6750	0.48	0.8905
Error	12	6057.20	504.76667		
Total	39	22374.0			
R-cuadrado		0.729275			
CV		13.69940			

**Cuadro A 11. Análisis de Varianza para el número de mazorca por planta en el cultivo de maíz. DEP-FAZ-UJED 2012.**

<b>Fuente de variación</b>	<b>de GL</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>de Cuadrados medios</b>	<b>F-Valor</b>	<b>Pr &gt; F</b>
R	3	0.30	0.10000000	0.32	0.8108
FA (densidad)	1	1.60	1.60000000	1.08E16	<.0001
FA*R	3	0.0	0.00000000	0.00	1.0000
FB (estiércol)	4	0.250	0.06250000	0.25	0.9015
FA*FB	4	0.650	0.16250000	0.66	0.6308
FB*R	12	2.950	0.24583333	0.79	0.6578
Error	12	3.750	0.31250000		
Total	39	9.50			
R-cuadrado		0.605263			
CV		44.72136			

**Cuadro A 12. Análisis de Varianza para el peso de 100 semillas de maíz. DEP-FAZ-UJED 2012.**

<b>Fuente de variación</b>	<b>G.L.</b>	<b>Suma de Cuadrados</b>	<b>de Cuadrados medios</b>	<b>Valor de F</b>	<b>Pr &gt; F</b>
Repetición	3	11.158	3.719	0.64	0.6036
FA (densidad)	1	4.887	4.887	1.77	0.2753
FA*R	3	8.273	2.758	0.47	0.7057
FB (estiércol)	4	48.722	12.180	4.80	0.0152
FA*FB	4	44.122	11.030	4.34	0.0211
FB*R	12	30.474	2.539	0.44	0.9170
Error	12	69.716	5.810		
Total	39	217.352			
R-cuadrado		0.679246			
C.V.		7.744364			

**Cuadro A 13. Análisis de Varianza para la producción de forraje verde de maíz. DEP-FAZ-UJED 2012.**

<b>Fuente de variación</b>	<b>G.L.</b>	<b>Suma de Cuadrados</b>	<b>de Cuadrados medios</b>	<b>Valor de F</b>	<b>Pr &gt; F</b>
Repetición	3	1572.2	524.1	1.9	0.1743
FA (densidad)	1	174.4	174.4	1.1	0.3630
FA*R	3	456.8	152.2	0.6	0.6461
FB (estiércol)	4	18990.1	4747.5	21.2	<.0001
FA*FB	4	2086.5	521.6	2.3	0.1150
FB*R	12	2684.7	223.7	0.8	0.6195
Error	12	3212.4	267.7		
Total	39	29177.0			
R-cuadrado	0.890				
C. V.	21.188				

**Cuadro A 14. Análisis de Varianza para el primer muestreo de temperatura en el suelo del cultivo de maíz. DEP-FAZ-UJED 2012.**

<b>Fuente de variación</b>	<b>G.L.</b>	<b>Suma de Cuadrados</b>	<b>de Cuadrados medios</b>	<b>Valor de F</b>	<b>Pr &gt; F</b>
Repetición	3	104.450	34.816	3.69	0.0257
FA (densidad)	1	1.250	1.250	0.19	0.6960
FA*R	3	20.250	6.750	0.72	0.5523
FB (estiércol)	4	44.500	11.125	1.42	0.2875
FA*FB	4	22.250	5.562	0.71	0.6019
FB*R	12	94.300	7.858	0.83	0.6178
PR (profundidad)	1	238.050	238.050	24.93	0.0155
R*PR	3	28.650	9.550	2.46	0.2396
FA*PR	1	2.450	2.450	0.26	0.6149
FA*R*PR	3	11.650	3.883	0.41	0.7460
FB*PR	4	39.950	9.987	0.63	0.6475
FB*R*PR	12	188.850	15.737	1.67	0.1380
FA*FB*PR	4	25.800	6.450	0.41	0.7983
Error	24	226.350	9.431		

Total	79	1048.750
-------	----	----------

---

R-cuadrado	0.784
------------	-------

C.V.	11.218
------	--------

---

**Cuadro A 15. Análisis de Varianza para el segundo muestreo de temperatura en el suelo del cultivo de maíz. DEP-FAZ-UJED 2012.**

<b>Fuente de variación</b>	<b>G.L.</b>	<b>Suma de Cuadrados</b>	<b>de Cuadrados medios</b>	<b>Valor de F</b>	<b>Pr &gt; F</b>
Repetición	3	146.875	48.958	5.52	0.0050
FA (densidad)	1	45.000	45.000	12.03	0.0404
FA*R	3	11.225	3.742	0.42	0.7392
FB (estiércol)	4	61.000	15.250	1.95	0.1668
FA*FB	4	39.875	9.969	1.27	0.3334
FB*R	12	93.875	7.823	0.88	0.5757
PR (profundidad)	1	266.450	266.450	86.18	0.0026
R*PR	3	9.275	3.092	3.07	0.1910
FA*PR	1	28.800	28.800	3.25	0.0842
FA*R*PR	3	3.025	1.008	0.11	0.9513

FB*PR	4	5.800	1.450	0.45	0.7691
FB*R*PR	12	38.475	3.206	0.36	0.9652
FA*FB*PR	4	53.075	13.269	4.14	0.0247
Error	24	213.000	8.875		
Total	79	1015.750			

---

R-cuadrada      0.790

C.V.              10.142

---

**Cuadro A 16. Análisis de Varianza para el tercer muestreo de temperatura en el suelo del cultivo de maíz. DEP-FAZ-UJED 2012.**

<b>Fuente de variación</b>	<b>G.L.</b>	<b>Suma de Cuadrados</b>	<b>de Cuadrados medios</b>	<b>Valor de F</b>	<b>Pr &gt; F</b>
Repetición	3	17.137	5.712	3.44	0.0329
FA (densidad)	1	82.012	82.012	1.84	0.2685
FA*R	3	134.037	44.679	26.87	<.0001
FB (estiércol)	4	12.125	3.031	0.72	0.5916
FA*FB	4	17.175	4.294	1.03	0.4325
FB*R	12	50.175	4.181	2.52	0.0263
PR (profundidad)	1	2.813	2.812	0.14	0.7297
R*PR	3	58.637	19.546	2.26	0.2601
FA*PR	1	1.513	1.512	0.91	0.3497
FA*R*PR	3	25.937	8.646	5.20	0.0066
FB*PR	4	4.375	1.094	0.88	0.5047
FB*R*PR	12	14.925	1.244	0.75	0.6936
FA*FB*PR	4	4.925	1.231	0.99	0.4497
Error	24	39.900	1.662		

Total	79	465.687
-------	----	---------

---

R-cuadrada	0.914
------------	-------

C.V.	4.854
------	-------

---

**Cuadro A 17. Análisis de Varianza para el cuarto muestreo de temperatura en el suelo del cultivo de maíz. DEP-FAZ-UJED 2012.**

Fuente de variación	G.L.	Suma de Cuadrados	de Cuadrados medios	Valor de F	Pr > F
Repetición	3	26.437	8.812	6.31	0.0026
FA (densidad)	1	5.5125	5.512	7.74	0.0689
FA*R	3	2.137	0.712	0.51	0.6789
FB (estiércol)	4	7.450	1.862	0.70	0.6043
FA*FB	4	12.550	3.137	1.19	0.3659
FB*R	12	31.750	2.646	1.90	0.0882
PR (profundidad)	1	588.612	588.612	103.64	0.0020
R*PR	3	17.037	5.679	23.10	0.0142
FA*PR	1	4.512	4.512	3.23	0.0848

FA*R*PR	3	0.737	0.246	0.18	0.9115
FB*PR	4	11.950	2.987	4.14	0.0246
FB*R*PR	12	8.650	0.721	0.52	0.8833
FA*FB*PR	4	2.550	0.637	0.88	0.5021
Error	24	33.500	1.396		
Total	79	753.387			
<hr/>					
R-cuadrada	0.955				
C.V.	4.581				
<hr/>					

**Cuadro A 18. Análisis de Varianza para el quinto muestreo de temperatura en el suelo del cultivo de maíz. DEP-FAZ-UJED 2012.**

<b>Fuente de variación</b>	<b>G.L.</b>	<b>Suma de Cuadrados</b>	<b>de Cuadrados medios</b>	<b>Valor de F</b>	<b>Pr &gt; F</b>
Repetición	3	252.237	84.079	5.82	0.0039
FA (densidad)	1	0.112	0.112	0.01	0.9303
FA*R	3	37.337	12.446	0.86	0.4748
FB(estiercol)	4	19.325	4.831	0.77	0.5667
FA*FB	4	7.825	1.956	0.31	0.8654
FB*R	12	75.575	6.298	0.44	0.9323
PR (profundidad)	1	43.512	43.512	11.31	0.0436
R*PR	3	11.537	3.846	0.61	0.6515
FA*PR	1	7.812	7.812	0.54	0.4694
FA*R*PR	3	18.837	6.279	0.43	0.7304
FB*PR	4	26.925	6.731	0.89	0.4993
FB*R*PR	12	90.775	7.564	0.52	0.8786
FA*FB*PR	4	66.625	16.656	2.20	0.1302

Error	24	346.950	14.456
-------	----	---------	--------

Total	79	1005.387	
-------	----	----------	--

---

R-cuadrada	0.655		
------------	-------	--	--

C.V.	17.924		
------	--------	--	--

---