

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS



**Producción de algodón (*Gossypium hirsutum* L) con aplicación
de estiércol bovino solarizado bajo riego por goteo.**

POR

IVAN JIMENEZ ESPINOZA

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO AGRÓNOMO EN IRRIGACIÓN

TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO

DICIEMBRE DE 2015

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
UNIDAD LAGUNA
DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

Producción de algodón (*Gossypium hirsutum* L) con aplicación de
estiércol bovino solarizado bajo riego por goteo.

POR

IVAN JIMENEZ ESPINOZA

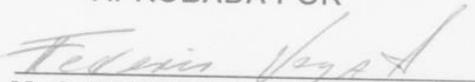
TESIS

QUE SE SOMETE A CONSIDERACIÓN DEL H. JURADO EXAMINADOR COMO
REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO AGRÓNOMO EN IRRIGACIÓN

APROBADA POR

PRESIDENTE:


M. C. FEDERICO VEGA SOTELO

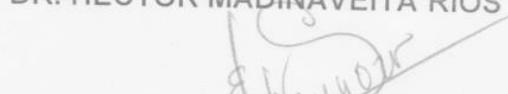
VOCAL:


Ph. D. VICENTE DE PAUL ALVAREZ REYNA

VOCAL:


DR. HÉCTOR MADINAVEITA RÍOS

VOCAL SUPLENTE:


ING. ELISEO RAYGOZA SÁNCHEZ


M.E. VÍCTOR MARTÍNEZ CUETO



Coordinación de la División de
Carreras Agronómicas

COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO

DICIEMBRE DE 2015

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
UNIDAD LAGUNA
DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

Producción de algodón (*Gossypium hirsutum* L) con aplicación de
estiércol bovino solarizado bajo riego por goteo.

POR

IVAN JIMENEZ ESPINOZA

TESIS

QUE SE SOMETE A CONSIDERACIÓN DEL COMITÉ DE ASESORÍA COMO
REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO AGRÓNOMO EN IRRIGACIÓN

APROBADA POR

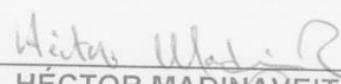
ASESOR PRINCIPAL:


M. C. FEDERICO VEGA SOTELO

ASESOR:


Ph. D. VICENTE DE PAUL ALVAREZ REYNA

ASESOR:


DR. HÉCTOR MADINAVEITA RÍOS

ASESOR:


ING. ELISEO RAYGOZA SANCHEZ


M.E VÍCTOR MARTÍNEZ CUETO.

COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS



Coordinación de la División de
Carreras Agronómicas

TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO

DICIEMBRE DE 2015

DEDICATORIAS

A Dios por haberme acompañado, guiarme a lo largo de mi carrera, ser mi fortaleza en los momentos de debilidad, brindarme una vida llena de aprendizaje, experiencia y sobretodo felicidad, **a la vida** por permitirme lograr esta etapa en mi vida.

El presente trabajo, es esfuerzo de sacrificio constante, obstáculos que vencer, lo dedico, con amor, respeto y agradecimiento muy especial a:

A MIS PADRES: Sr. Marín Jiménez Silva y Sra. María Elena Espinoza López.

Por darme lo más hermoso de este mundo que es la vida, su amor, paciencia, comprensión, enseñanza, y sobre todo por darme la mejor herencia de formarme profesionalmente. Sobre todo por ser un excelente ejemplo de vida a seguir.

A MI FAMILIA: A mis hermanas Yulissa y Cindy Belén, por su apoyo incondicional, brindarme su cariño, estar siempre conmigo en los momentos bueno y malos de mi vida.

Gracias a todos son la mejor familia, lo más hermoso y preciado, estoy agradecido con ustedes, sin su ayuda no hubiese logrado mi formación profesional. En general a mis abuelos, tíos, tías, primos y primas, gracias por sus consejos, apoyo moral y sentimental que me han brindaron en esta etapa de mi vida.

A mis amigos: A mi hermano José Ángel López Aguilar que antes que nada siempre fue mi amigo incondicional donde hemos pasado momentos buenos y malos pero hoy estamos cumpliendo una meta. A mi hermano Jorge Alberto Calvo López incondicional con quien he pasado momentos malos y buenos pero siempre seguimos adelante para llegar a cumplir el objetivo, “chino” Alexis Madariaga Roque por estar conmigo en esta etapa de mi vida.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Unidad Laguna, por permitirme terminar mis estudios, darme una carrera que es una en meta que tenía, gracias a mi alma terra mater.

Al M. C. Federico Vega Sotelo, por su amistad y sobre todo por ser quien me guio en esta etapa final de mi vida.

Al Ph. D. Vicente De Paul Álvarez Reyna, por su apoyo y colaboración en el proyecto de investigación, además de su amistad.

Al DR. Héctor Madinaveita Ríos, por su apoyo y colaboración en la elaboración de mi tesis.

Al Ing. Eliseo Raygoza Sánchez, por su apoyo y compartir sus conocimientos, amistad y colaboración en mi tesis.

Al Dr. Cirilo Vázquez Vázquez, coordinador de investigación de la Facultad de Agronomía y Zootecnia de la UJED, por su apoyo y colaboración en la elaboración de este proyecto.

A mis profesores que más que ser catedráticos son grandes amigos que en los momentos más difíciles de mi carrera me apoyaron para continuar: MC. Carlos Efrén Ramírez Contreras, M.C. Abel Román López, M.C. Braulio Duarte Moreno, M.C José Guadalupe Quirino González, Dr. Jorge Luis Villalobos Romero.

A mis compañeros: José Antonio Puentes Gámez, José Antonio Domínguez Chaparro, José Alfredo de la Torre Díaz, Héctor Mendoza Acosta, Ricardo Isidro Fabián, Edgar López Sierra, Cristian Morales Pérez, Arquímedes Santiago López, que durante cuatro años y medio, compartimos momentos de alegría, tristeza, pero que de alguna manera seguimos adelante y logramos el objetivo que teníamos propuesto.

INDICE GENERAL

| | |
|---|------|
| DEDICATORIAS..... | i |
| AGRADECIMIENTOS..... | ii |
| INDICE GENERAL..... | iii |
| INDICE DE CUADROS | v |
| INDICE DE FIGURAS | vi |
| INDICE DE APENDICE | vii |
| RESUMEN | viii |
| I. INTRODUCCION | 1 |
| 1.1 OBJETIVOS | 3 |
| 1.2 HIPÓTESIS | 3 |
| II. REVISION DE LITERATURA | 4 |
| 2.1 CLASIFICACION TAXONOMICA Y DESCRIPCION BOTANICA (MORFOLOGIA)..... | 5 |
| 2.1.1 CICLO DEL ALGODONERO | 5 |
| 2.1.2 DESCRIPCIÓN DE LA PLANTA | 6 |
| 2.1.3 FORMA. | 6 |
| 2.1.4 RAÍZ | 6 |
| 2.1.5 TALLO..... | 7 |
| 2.1.6 HOJAS | 8 |
| 2.1.7 FLORES..... | 10 |
| 2.1.8 CÁLIZ..... | 11 |
| 2.1.9 FRUTO..... | 11 |
| 2.1.10 SEMILLA | 12 |
| 2.2 IMPORTANCIA DEL CULTIVO DEL ALGODÓN | 12 |
| 2.3 ABONOS ORGÁNICOS | 14 |
| 2.4 RIEGO POR GOTEIO | 16 |
| III. MATERIALES Y METODOS | 19 |
| 3.1 SUELO DE LA COMARCA LAGUNERA | 19 |
| 3.2 UBICACIÓN DEL SITIO EXPERIMENTAL | 19 |
| 3.3 CARACTERÍSTICAS DEL SUELO DEL SITIO EXPERIMENTAL | 20 |
| 3.4 EL DISEÑO EXPERIMENTAL | 21 |

| | |
|----------------------------------|----|
| 3.5 RIEGO | 21 |
| 3.6 VARIABLES EVALUADAS..... | 22 |
| 3.7 ANALISIS ESTADISTICO | 22 |
| 3.8 CROQUIS DE CAMPO..... | 22 |
| IV. RESULTADOS Y DISCUSION | 23 |
| V. CONCLUSIONES..... | 25 |
| VI. BIBLIOGRAFIA CITADA..... | 27 |
| VII. APÉNDICE | 34 |

INDICE DE CUADROS

| | |
|--|----|
| Cuadro 1.- Las características físico – químicas del lote experimental FAZ – UJED 2012. | 20 |
| Cuadro 2. Características físicas y químicas del sitio experimental ubicado en el CAE – FAZ – UJED, a 0 – 30 cm después del experimento 2013. | 24 |
| Cuadro 3. Rendimiento de dos variedades de algodón bajo la aplicación de diferentes dosis de estiércol solarizado, ciclo primavera-verano 2013. FAZ-UJED. | 25 |

INDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1. Principales países productores de algodón en el mundo. FAO, 2013.... | 13 |
| Figura 2. Ubicación del sitio experimental FAZ – UJED..... | 20 |
| Figura 3. Distribución de los tratamientos. | 23 |

INDICE DE APENDICE

| | |
|---|----|
| Apéndice 1. Rendimiento de dos variedades de algodón bajo diferentes dosis de estiércol, ciclo primavera-verano 2013. FAZ-UJED..... | 34 |
| Apéndice 2. Interacción entre bloque*tratamiento y tratamiento*variedad. | 34 |
| Apéndice 3. Tests de hipótesis usando el MS Tipo III para bloque*tratamiento como un término de error. | 34 |

RESUMEN

Uno de los problemas importantes en México es la falta de agua. En nuestro país se han utilizado diferentes sistemas agrícolas para hacer un uso eficiente de agua en los cultivos. La agricultura es la actividad humana que mayor agua demanda, el agua es la fuente más importante en la producción de cultivos agrícolas. La disponibilidad de agua en la actualidad para los diferentes usos en la Comarca Lagunera disminuye constantemente, dado a la poca lluvia que en los últimos 3 años ha dejado como consecuencia un periodo de sequía. Durante los años 60s, México sembró más de 900 mil has, logrando un superávit de 2 millones de pacas. En el 2010 se sembraron 107 mil has, con un déficit de 1, 300, 000 pacas. México cuenta con condiciones agroecológicas idóneas en diversas regiones del país para el cultivo del algodón entre las cuales se encuentra la Comarca Lagunera. Por todo lo anterior se realizó el trabajo de investigación para determinar el mayor rendimiento en algodón con la aplicación de estiércol bovino solarizado con un sistema de riego por goteo. El presente trabajo de investigación se realizó en el ciclo primavera-verano del 2013 y se estableció en el campo agrícola experimental de la Facultad de Agricultura y Zootecnia de la UJED en el Ejido Venecia, Municipio de Gómez Palacio, Durango. Ubicada en la Comarca Lagunera la cual se localiza en el Kilómetro 28.5 de la carretera Gómez Palacio-Tlahualilo Durango, a una latitud Norte de 24° 28" y 104° 18" de longitud Oeste, con una altitud de 1110 msnm. Se realizaron dos muestreos un inicial y un final con el propósito de verificar un cambio en las propiedades físicas y químicas del suelo. El diseño experimental utilizado fue un arreglo de parcelas divididas en bloques completamente al azar con 5 tratamientos y 4 repeticiones. Los factores fueron A: cuatro niveles de estiércol solarizado más el testigo se aplicaron 20, 40, 60 y 80 toneladas por hectárea y un testigo (Fertilización química, 120-60-00). Factor B: dos variedades de algodón: DP 0935 BG/RR y DP 0167 RF. Las unidades experimentales constaron de 3.2 m de ancho y 6.0 m de largo. Las variables evaluadas fueron características físicas químicas del suelo, rendimiento del algodón. El riego se aplicó en base a la evapotranspiración del cultivo determinada en base al método del tanque evaporímetro tipo "A", midiendo la evaporación del

tanque diariamente, multiplicándola por el factor del tanque de 0.80 y Kc del cultivo. La determinación del riego fue en base al 60 % de ETc. Las propiedades del suelo no cambiaron con la aplicación de las diferentes dosis de estiércol. El mayor rendimiento se obtuvo con la dosis de 80 ton/ha y variedad DP 0935 BG/RR con 5.01 ton/ha.

Palabras clave: Algodón, estiércol solarizado, fertilización química, variedad, riego.

I. INTRODUCCION

La Comarca Lagunera es la cuenca lechera con más de 429 830 cabezas de ganado lechero y 9,656 de bovino de carne (SAGARPA, 2002; SAGARPA, 2010; Figueroa-Viramontes *et al.*, 2010). Sin embargo también es una de las regiones con más alta producción estiércol bovino. Por lo anterior el reciclado adecuado de este abono orgánico es determinante para mejorar la fertilidad natural del suelo y como consecuencia de su calidad, incrementar o mantener la producción de un cultivo bajo condiciones de invernadero, campo y reducir su impacto en el medio ambiente. Las aplicaciones relativamente grandes y frecuentes de estiércol pueden ser de gran beneficio para las propiedades físicas de suelo, pero el contenido de sales se puede elevar demasiado y afectar la producción de un cultivo. Por lo anterior, el manejo apropiado del estiércol requiere de un conocimiento adecuado del suelo (Trejo *et al.*, 2013).

El algodón es un cultivo de importancia mundial en donde los principales países productores son China, India, Estados Unidos, Brasil, Pakistán y Uzbekistán (Retes *et al.*, 2015). Estos países cubren el 82 % de las necesidades anuales de algodón a nivel mundial. El algodón (*Gossypium hirsutum* L.) es un cultivo de importancia económica y comercial que representa aproximadamente el 3% del área total cultivada en el mundo. En una tonelada de algodón aproximadamente 37% es fibra y 57% de semilla (Mejía, 2014). En México, se cultiva anualmente alrededor de 250,000 hectáreas de algodón. Los estados más productores son Sonora, Tamaulipas, Chihuahua, Baja California Norte, Sinaloa, Coahuila y Durango (Gómez, 2000, citado por Palomo, 2001).

En regiones como la Comarca Lagunera es un cultivo de importancia desde el inicio de las actividades agropecuarias ya que existen registros de siembra de hasta 120,000 ha en un solo ciclo en la década de los setentas (SAGARPA, 2004). Una de las causas de la caída de la producción de algodón tanto en la Comarca Lagunera como en México, son los altos costos de producción, bajo y fluctuante precio de la fibra del mercado mundial aunado a que el cultivo requiere alto

volumen de agua, misma que en algunas regiones del país es escasa (Palomo *et al.*, 2001; Estrada *et al.*, 2008; Mejía, 2014).

Los avances en los programas de mejoramiento genético y otras innovaciones tecnológicas, han promovido cambios en los sistemas de producción de algodón, un ejemplo de esto es el uso de surcos ultra estrechos como una alternativa para tratar de disminuir costos de producción, incrementar rendimiento, precocidad y calidad de fibra, entre otros aspectos (Prince *et al.*, 2002). El concepto de surcos ultra estrechos (surcos menores o iguales a 50 cm entre ellos) existe desde la década de los años 20 (Perkins *et al.*, 1998). Sin embargo el uso de esta tecnología a nivel comercial es reciente y se aplica principalmente en los Estados Unidos. En surcos ultra estrechos se obtiene casi el mismo rendimiento en fibra o se incrementa de un 5 a 11 %, encontrándose reducción en ciclo del cultivo de 7 a 10 días a la madurez con respecto al sistema de siembra tradicional en surcos de 92 cm aunado a un ahorro del agua de riego (Cawley *et al.*, 2002).

En la Comarca Lagunera en los últimos 10 años se ha reducido significativamente la siembra de algodón debido principalmente a falta de agua en las presas así como su comercialización. En los últimos 3 años ha incrementado nuevamente su superficie.

De acuerdo a la problemática regional de agua en la laguna se han realizado estudios en riego por goteo en el cultivo de algodón (Gaytán *et al.*, 2000 y 2001; Palomo *et al.*, 2001 y 2005), sandía (Mendoza *et al.*, 2000), chile jalapeño, pimiento morrón, tomate, cebolla, ajo, brócoli, coliflor y melón (Berzoza *et al.*, 2002), e incluso alfalfa (Rivera *et al.*, 2001). Estos trabajos han demostrado diferencia en sus resultados en relación con el sistema de riego tradicional.

La siembra de algodón en surcos ultra estrechos (0.40 m entre surcos), permite incrementar la población de plantas. Actualmente existe el material genético que puede adaptarse a esta distancia de siembra. Este sistema podría disminuir la lámina de riego aplicada, reducir el uso de químicos para el control de plagas y costos de cultivos, reduciendo los costos de producción, uso racional de

los recursos y cuidado del ambiente, componentes de una agricultura sustentable. Dado los actuales volúmenes de agua en las presas Lázaro Cárdenas (El Palmito) y Francisco Zarco (Las Tórtolas), se tienen que seguir modificando los paquetes tecnológicos para el cultivo del algodón, para la economía de la Comarca Lagunera.

1.1 OBJETIVOS

1. Evaluar la producción del algodón con aplicación de estiércol bovino solarizado bajo un sistema de riego por goteo.
2. Determinar los beneficios de la aplicación del estiércol solarizado.

1.2 HIPÓTESIS

Con la aplicación del estiércol solarizado y riego por goteo se incrementa la producción de algodón.

II. REVISION DE LITERATURA

Actualmente la disponibilidad de agua para la producción agrícola, es escasa, dado la sequía que se presenta en algunas regiones como la Comarca Lagunera de Coahuila y Durango, y otras partes de México (Ramírez *et al.*, 2009).

En los últimos años, la ganancia de los productores mexicanos de algodón (*Gossypium hirsutum* L.) se han reducido debido a incremento en los costos de producción y bajo precio de la fibra en el mercado internacional, por lo que ha sido necesario subsidiar la producción, y explorar nuevas alternativas para elevar el rendimiento y hacer más redituable su cultivo (Palomo *et al.*, 2001; Estrada *et al.*, 2008).

El algodón es un cultivo altamente social porque utiliza mano de obra directa e indirecta ya que se producen una serie de subproductos a partir de su estado original como es el algodón hueso. De éste se extraen en promedio el 35 % de algodón pluma y 54% de semilla para siembra.

En la Comarca Lagunera las recomendaciones para el cultivo del algodono se basan en estudios realizados hace 20 años, con variedades y sistemas de producción diferentes a los actuales. Las variedades utilizadas en el pasado eran de ciclo tardío y de alto desarrollo vegetativo, las nuevas variedades son precoces y de menor desarrollo vegetativo. Actualmente el sistema de producción recomendado ocupa menos agua, el calendario de riego es diferente y se siembra a mayor densidad poblacional. Las plantas menos espaciadas toman mayor cantidad de N y lo absorben en una etapa más temprana de su ciclo de crecimiento. Además las variedades de ramas fructíferas largas y alto desarrollo vegetativo absorben una mayor cantidad de nutrientes que las variedades de estructura compacta, sin que esto se refleje en mayor producción (Palomo *et al.*, 1997).

2.1 CLASIFICACION TAXONOMICA Y DESCRIPCION BOTANICA (MORFOLOGIA).

1.- Clasificación taxonómica del algodón

| Clasificación taxonómica (Robles, 2002) | |
|--|----------------|
| Reino | Vegetal |
| División | Tracheophita |
| Subdivisión | Pteropsidea |
| Clase | Angiospermas |
| Sub clase | Dicotiledóneas |
| Orden | Malvales |
| Familia | Malváceas |
| Tribu | Hibisceas |
| Genero | Gossypium |
| Especie | Hirsutum |

2.1.1 CICLO DEL ALGODONERO

El ciclo del algodón se divide en cinco etapas, las cuales son:

1.- Fase de nacencia que comprende de la germinación al despliegue de los cotiledones con una duración de entre 6 a 10 días.

2.- Fase de plántula que comprende desde el despliegue de los cotiledones al estadio de 3 a 4 hojas y tiene una duración de entre 20 a 25 días.

3.- Fase de prefloración que comprende desde el estadio de 3 a 4 hojas y hasta el comienzo de la floración. Esto dura de entre 30 a 35 días.

4.- Fase de floración con una duración de entre 50 a 70 días.

5.- Fase de maduración de las capsulas con una duración de entre 50 a 80 días (Díaz, 2002).

2.1.2 DESCRIPCIÓN DE LA PLANTA

La morfología o estructura fundamental del algodón es relativamente simple, varía ampliamente según la especie e influencia del ambiente, de las condiciones de cultivo y desarrollo. A continuación se presentan algunas de las características morfológicas generales del algodnero. (Díaz, 2002; Robles, 2002; Llamas – Madrigal, 2008; Gutiérrez Barreto, 2014).

2.1.3 FORMA.

En algodnero muy desarrollado, el tallo principal es erguido y su crecimiento es terminal y continuo (monopódico). Las ramas secundarias y después las siguientes se desarrollan de manera continua (monopodica) o discontinua (simpodica). La longitud del tallo principal así como la de las ramas, es variable; el conjunto constituye el porte, que varía de piramidal a esférico: “porte en columna”, en el cual las ramas secundarias cortas arrancan a lo largo de todo el tallo. El caso extremo es aquel en que los simpodicos están reducidos al mínimo con entrenudos tan cortos que los frutos aparecen en forma de racimo o ramo: el porte “cluster” o tipo “O” ;ramas largas en la base y, sucesivamente, ramas cada vez más cortas hacia la parte superior caracterizan el porte piramidal; en cambio, largos simposios en la parte superior forman el porte “pan de azúcar” o porte esférico (Díaz, 2002; Robles, 2002; Llamas – Madrigal, 2008; Gutiérrez Barreto, 2014).

El riego favorece el desarrollo de ramas vegetativas a partir de los nudos superiores (Llamas – Madrigal, 2008).

2.1.4 RAÍZ

La raíz principal es axomorfa o pivotante, con raíces secundarias a lo largo de la principal, siguen una dirección más o menos horizontal, la cercanas al cuello más largas y obviamente las próximas al ápice más cortas. Las raíces secundarias se ramifican consecutivamente hasta llegar a los pelos absorbentes radicales. Como es sabido, la función de la raíz es la absorción de agua, nutrientes indispensables para el crecimiento de la planta y desarrollo de los órganos aéreos (tallo, ramas, hojas, frutos, semillas, etc.). Además, sirve como anclaje de la

planta, y la profundidad de su penetración en el suelo dependerá de la textura del mismo y las prácticas de cultivo que se le proporcione al cultivo del algodón. En general, la profundidad varía de 50 a 100 cm, y bajo condiciones muy favorables más de 2 m de profundidad (Díaz, 2002; Robles, 2002; Llamas – Madrigal, 2008; Gutiérrez Barreto, 2014).

2.1.5 TALLO

El tallo principal es erecto, con un crecimiento monopodial, integrado por nudos y entrenudos en número variable según sea al genotipo y variedad, del cual se unen las ramas primarias, secundarias, vegetativas y fructíferas. De los nudos emergen las ramas y las hojas. La longitud de los entrenudos también es variable, según la posición en que se encuentren en la planta. Las ramas vegetativas pueden ser solitarias, o se desarrollan del mismo nudo de donde nace la rama fructífera. En otras palabras, de un nudo se desarrolla una hoja, y en base del peciolo emergen dos yemas: una que es la vegetativa y se le denomina yema axilar, que se originará una rama vegetativa, y otra que es la fructífera, y se le denomina yema extra axilar.

La axilar o vegetativa se dispone en forma angular más o menos pronunciada y son de las que más existen en la planta. La yema extra – axilar o fructífera se dispone en un sentido más horizontal y obviamente existe menor cantidad de estas yemas que las vegetativas; sin embargo, en la época de floración, una gran cantidad de flores o no se desarrollan normalmente o caen. Característica del algodón de contener mayor formación de flores de las que llegan a fructificar, si se le compara con otras especies oleaginosas; sin embargo, la producción de fibra por la planta en las variedades mejoradas de algodón es buena desde el punto de vista comercial.

Las yemas axilares de la parte basal del tallo principal originan a las ramas principales, quedando las extra – axilares incipientes; por lo tanto, las ramas fructíferas se encuentran en una posición más extrema del tallo principal. Las vegetativas son más largas que las fructíferas; estas últimas generalmente se inician del quinto nudo de la base del tallo hacia arriba, pero este carácter

depende del genotipo en interacción del mismo con el medio ecológico. Las ramas vegetativas pueden ser más altas que las del tallo principal. Las ramas fructíferas tienen números inter nudos; de cada nudo se desarrolla un botón floral. El número de flores y después frutos es diferente según las variedades, el medio ambiental y manejo de cultivar algodón.

Diversos investigadores han demostrado que el carácter ramificación, vegetativo o floral, es muy influenciado por la población de plantas por unidad de superficie, de tal manera que a menor distancia entre surcos y entre plantas será menor el número de ramas y viceversa. Este conocimiento es muy importante, porque según sea el genotipo de la variedad que se recomienda para una región agrícola dada debe determinarse la distancia óptima entre surcos y entre plantas, de modo que la población óptima produzca el mayor rendimiento y la mejor calidad de fibra. Las variedades tardías se caracterizan por entrenudos largos y viceversa las precoces.

También influye en la mejor o peor ramificación y fructificación el método de siembra, la que puede hacerse en “plano”, en “surco” o en “cama melonera” (con dos o tres hileras de siembra). La forma que adquiere la planta de algodón puede ser desde más o menos piramidal, en columna o casi esférica. La conformación es influida por el genotipo, medio ambiente y prácticas culturales. El color del tallo y de ramas en su desarrollo inicial verde claro, verde rojizo y gris en mayor o menor tonalidad al envejecer la planta; por último, al secar adquiere color gris negruzco (Díaz, 2002; Robles, 2002; Llamas – Madrigal, 2008; Gutiérrez Barreto, 2014).

2.1.6 HOJAS

Básicamente constituidas por peciolo y limbo. Estipulas incipientes (en forma de pequeño apéndices en la base del peciolo). La parte inferior del peciolo adquiere forma acorazonada. El limbo en la variedades cultivadas de *G. hirsutum* y *G. barbadense* generalmente tiene cinco lóbulos con escotaduras más o menos pronunciadas, inclusive la forma de los lóbulos sirve parcialmente en la diferenciación de especies al realizar estudios taxonómicos; por ejemplo, en *G. hirsutum* son algo redondeadas, en *G. barbadense* lóbulos más alargados, en *G.*

arboreum mucho más alargados y separados surgiendo forma de okra, y en *G. herbaceum* con lóbulos muy redondeados y el limbo total semeja forma circular. La nervadura principal es la más vigorosa, las laterales menos desarrolladas y con ramificaciones consecutivas, más pequeñas a medida que se aproximan al borde de la hoja.

En las nervaduras, de acuerdo con el genotipo de las variedades, tienen pequeñas glándulas, pero en otras no existen. El tamaño y color de las glándulas son variables. Existen especies que tienen 3, 5, 7 o más lóbulos en las hojas y mayor y menor número de glándulas. Estas glándulas, si son externas, producen néctar; se localizan en el interior de la flor y en el exterior de la misma. Estas últimas son tres en la parte inferior del cáliz, dos en el extremo del pedicelo en su unión con las brácteas y una sobre la nervadura principal (a veces tres, cada una en las nervaduras de los tres lóbulos mayores).

El pigmento denominado gossypol (se ha demostrado en investigaciones recientes que confiere resistencia a algunas plagas) propiamente es otra glándula, situada internamente en los tejidos. Otras glándulas no nectáreas acumulan resinas u otros compuestos químico – orgánicos indeseables, a veces en las variedades comerciales.

En varios países, en sus programas de mejoramiento genético, están formando variedades con alto contenido de gossypol para conferir por su toxicidad resistencia a algunas plagas, pero la semilla de algodón se obtiene como sub - producto de la obtención de la fibra en esas variedades obligan a que se alimente de gossypol en los procesos industriales de la refinación del aceite para consumo humano. Por otra parte, otros trabajos de genotecnia están creando variedades de algodón sin gossypol, porque este causa toxicidad en interfiere en el metabolismo de animales de estómago sencillo. Se ha comprobado que los granos de algodón sin gossypol pueden tostarse y consumirse como se hace con los cacahuates.

En Estados Unidos se siembran variedades sin gossypol, como las Greg – 35 W, Watson GL – 16, Rogers GL – 6 y Rogers GL – 7. En otras investigaciones se

estudia la factibilidad de producir bebidas refrescantes no alcohólicas del grano o semilla del algodón por su riqueza en proteínas. El procesamiento para la proteína de algodón se estima que es sencillo, y de lograrse la producción masiva de este producto puede de ser de gran valor en la dieta alimenticia, principalmente en países subdesarrollados que no tienen en sus alimentos las proteínas suficientes. Por lo antes mencionado, del algodón se obtienen nuevos usos, además de los tradicionales, por su fibra y como especie vegetal oleaginosa (Díaz, 2002; Robles, 2002; Llamas – Madrigal, 2008; Gutiérrez Barreto, 2014).

2.1.7 FLORES

Son completas (tienen todos los verticilos del perianto floral: cáliz, corola, androceo y gineceo), pinceladas y envueltas con tres brácteas (hojas modificadas) que sirven inicialmente de protección a la yema floral. Las brácteas se disponen en forma piramidal y al conjunto de ellas y la flor en México y en otros países se le designa comúnmente como “cuadros”.

Las flores son de 6 a 8 en una rama fructífera y solitarias (no forman inflorescencia). Son perfectas (androceo y gineceo dentro de una flor), y por ello existe un alto porcentaje de autofecundación, pero se presenta de 5 a 25 % de cruzamiento natural en la mayoría de las variedades cultivadas; en estudios con diferentes materiales genéticos de los bancos de germoplasma, en algunas variedades se ha determinado más del 50 % de polinización cruzada. Por lo anterior, a la planta de algodón no se le puede considerar como típicamente autógena ni alógama, por existir polinización entomófila (los insectos transportan el polen), lo que induce a recomendar a los fitomejoradores en algodón que antes de aplicar los métodos genotécnicos primero hagan un estudio sobre el porcentaje de cruzamiento natural en las variedades que vayan a utilizar y bajo las condiciones ecológicas de la región o área de influencia del Campo de la Estación Agrícola Experimental en donde se realice estas investigaciones (Díaz, 2002; Robles, 2002; Llamas – Madrigal, 2008; Gutiérrez Barreto, 2014).

2.1.8 CÁLIZ

Lo constituyen cinco sépalos unidos en la base formando parcialmente un cubo, por lo que se le denomina gamosépalo. En esta estructura floral se encuentran pigmentos de gossipol, al que ya se aludió antes. La corola es hipógina y tiene cinco pétalos libres, de color blanco, crema o amarillo, vistosos para la atracción de insectos que buscan las glándulas nectaríferas. Los pétalos blanquecinos cambian de color rojizo, violáceo u oscuro con el transcurso del tiempo.

Gineceo que producirá frutos tri, tetra o pentacarpelares la mayoría de las variedades comerciales son de cuatro carpelos. La variación del número de carpelos es de dos a seis, lo mismo para el número de lóbulos soldados que constituyen el estigma. El número de óvulos por lóculo que producirán semillas normalmente es de siete a nueve, pero su variación será mayor o menor de acuerdo con el genotipo de la variedad y de su interacción con el medio ambiental. El gineceo contiene bien diferenciados estructuralmente el ovario, estilo y estigma.

El androceo desarrollado sobre las base del gineceo y a lo largo del estilo, conformado por hileras variables de estambres, con 50 a 100 filamentos que culminan en anteras bilobuladas. Al ocurrir la dehiscencia loculicida de las anteras se derrama una gran cantidad de polen sobre el estigma, en cuyo caso se ejecuta la autofecundación; en caso contrario, el polen se dispersa por el viento y es llevado principalmente por insectos a otras plantas, a otras variedades o a otras especies. Por la polinización libre es menor o mayor cruzamiento natural, y como consecuencia la alogamia conducirá en algunas variedades a la pérdida de su pureza genética o a modificar los métodos y técnicas de Fito mejoramiento genético (Díaz, 2002; Robles, 2002; Llamas – Madrigal, 2008; Gutiérrez Barreto, 2014).

2.1.9 FRUTO

Es una cpsula que puede ser de configuración ovoidea, alargada o más o menos esférica. Como norma general, las últimas producen fibra más corta que las dos primeras. Al inicio de la formación del fruto, este es de color verde, luego café

rojizo y por último, al madurar, es grisáceo – negruzco. Al botón floral en México se le designa vulgarmente “papalote” y al fruto o capsula “bellotas”. Al madurar las capsulas son dehiscentes y emerge la fibra de la semilla; en este estado se les conoce como “capullos”. El número de semilla por capsula en la buenas variedades es de 20 a 40, con fibra corta, mediana o larga según el genotipo, con fibrillas pequeñas como pelillos incipientes y delgados en *G. hirsutum*, a los que según la región o país se les conoce como borra, pelusa o linter, con colores de blanco o grisáceo, y se le utiliza como subproducto para rellenos diversos o en productos químico – industriales.

Cuando el algodón se cosecha (semilla con fibra) se dice que es en “hueso”, y cuando el algodón se “despepita”, a la fibra se le denomina algodón en “pluma”. La cascara de la semilla de algodón es de color negro más o menos intenso. En *G. barbadense* el linter o pelusilla es incipiente o no se encuentra, por ello se dice que sus variedades son “desnudas” o glabras; en cambio, en *G. hirsutum* se dice que sus variedades son “cubiertas”, “vestidas” o pubescentes en lo referente a la borra. La relación semilla – fibra es alrededor de 2:1, pero en las buenas variedades el porcentaje de fibra o la relación de esta es mayor (Díaz, 2002; Robles, 2002; Llamas – Madrigal, 2008; Gutiérrez Barreto, 2014).

2.1.10 SEMILLA

La semilla es dicotiledónea, compuesta por cáscara y almendra. La semilla de las variedades comerciales contiene alrededor de 20 % de aceite, que se extrae industrialmente para el consumo humano, en jabonería y otros usos como subproductos de la producción de fibra de algodón. La almendra tiene dos cotiledones (hojas modificadas) que sirven como almacén de nutrientes para que los utilice el embrión en el desarrollo, nacimiento y emergencia de la plántula (Díaz, 2002; Robles, 2002; Llamas – Madrigal, 2008; Gutiérrez Barreto, 2014).

2.2 IMPORTANCIA DEL CULTIVO DEL ALGODÓN

El algodón es una planta originaria Centro América. *Gossypium hirsutum* L., es la especie comercial, y corresponde a plantas anuales, de crecimiento

determinado que producen algodón y semilla en menores tiempos de cosecha (Cadena, 2000).

El algodón es la especie más importante para la producción de fibra en el mundo, utilizada en la fabricación de tejidos, textiles y confesiones. Además de la fibra, y pos-cosecha de algodón generan como subproducto, la semilla, de alto contenido de aceite comestible y la torta de semilla, la cual se utiliza en la fabricación de alimentos concentrados para animales y algunos usos alimenticios en el procesamiento de alimentos (García, 2010).

Los principales países productores de algodón son: China, India y Estados Unidos. En la (figura 1) se observa la producción en millones de toneladas hasta el año 2013. Las variedades tradicionales en algunos países han sido desplazadas por la utilización de semilla modificada genéticamente, e implementación de sistemas más eficientes (Rodríguez, 2000). En los países desarrollados, la mecanización de la agricultura para la sustitución de la mano de obra e implementación de modelos de buenas prácticas agrícolas han superado las limitantes del cultivo y mejorado su producción.

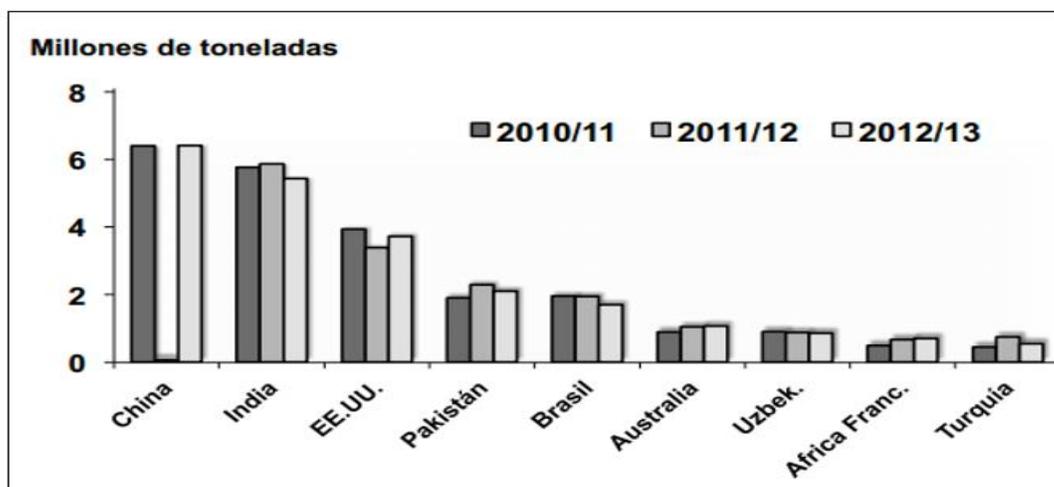


Figura 1. Principales países productores de algodón en el mundo. FAO, 2013.

Las exportaciones de textiles y con flexiones han sido uno de los rubros donde se ha hecho más patente el éxito de la demanda de algodón, sin embargo,

América Latina contribuye con el 15% de la producción total en el mundo (Mejía, 2014).

2.3 ABONOS ORGÁNICOS

El suelo no sólo es el sostén de las plantas, sino que es la fuente de nutrición de las mismas ya que es ahí donde se llevan a cabo las transformaciones de los elementos nutritivos a través de la biodegradación y mineralización de la materia orgánica por lo tanto los abonos orgánicos no solo mejoran las condiciones de acidez de los sustratos, sino que aportan una cantidad importante de nutrimentos al suelo (Trejo *et al.*, 2013). Los abonos orgánicos son residuos de origen animal y vegetal de los que las plantas pueden obtener importantes nutrimentos y producir mayor rendimiento en el cultivo. Entre los abonos orgánicos se incluyen los estiércoles, compostas, vermis, residuos orgánicos son muy variables en sus características físicas, químicas, biológicas y sanitarias del suelo (Trinidad, 1987).

Los abonos orgánicos se han usado desde tiempo remoto y su influencia sobre la fertilidad del suelo ha sido demostrada, aunque su composición química, aporte de nutrimentos a los cultivos y su efecto en el suelo, varía según su procedencia, edad, manejo y contenido de humedad. Los abonos orgánicos pueden prevenir, e influir en la severidad de patógenos del suelo, además de servir como fertilizantes y mejoradores de suelo (Lima, 2000).

Actualmente es común entre los productores aplicar más de 100 (ton ha⁻¹) de estiércol en forma continua (por año) al suelo ocasionando problemas de salinidad y sodicidad. Además, el reciclaje apropiado de los nutrientes contenidos en los abonos orgánicos tales como estiércoles, a través de su incorporación en suelo agrícola requiere del conocimiento del porcentaje de descomposición o también llamada “tasa de mineralización”. Este porcentaje debe ser estimado para diferentes condiciones edáficas y agro-ecológicas, de tal manera que puedan utilizarse de apoyo para el cálculo de dosis del abono orgánico de interés (Sosa *et al.*, 2003). Sub-estimación de la dosis puede ocasionar deficiencia de nutrientes para el cultivo y una reducción en rendimiento y calidad. Por el contrario, una

sobre-estimación de la dosis conduce a exceso de nutrientes, toxicidad al cultivo y contaminación de suelo y agua (Inversen *et al.*, 1997). Un manejo inadecuado de este importante residuo puede conducir a problemas ambientales, por ejemplo la Agencia de Protección Ambiental (EPA) de los Estados Unidos declara el estiércol como desecho tóxico debido a que se ha manejado en forma incorrecta con riesgos de contaminación por nitratos al acuífero (Florez-Margez *et al.*, 2000).

La agricultura orgánica pretende conservar la fertilidad de la tierra de manera ecológica; según este principio, la salud humana no puede separarse de la salud de los ecosistemas. La producción ganadera moderna confina grandes rebaños en pequeños espacios, ocasionando un incremento de los problemas para eliminar el estiércol. Los granjeros deberán cumplir con ciertas reglas para no afectar a los agricultores, como es el caso de la contaminación del agua y suelo con organismos entero-patógenos, zoonóticos, contenidos en el estiércol (Gómez Cruz, *et al.*, 2005). La solarización es un proceso hidrotérmico de desinfección del suelo para eliminar las plagas de las plantas, esto se logra por el calentamiento solar pasivo. La solarización ocurre por una combinación de mecanismos físicos, químicos y biológicos compatible con muchos otros métodos de desinfección para proporcionar un manejo integrado de plagas. Además es económicamente compatible con otras tácticas de manejo de plagas, por lo que puede ser integrado rápidamente a sistemas estándares de producción, y una alternativa válida a la fumigación (García *et al.*, 2010).

La aplicación apropiada de abonos orgánicos en suelo agrícola aumenta como medio de disposición, reciclaje de nutrientes y conservación del agua (Walker, 1999) en vista que la mayoría del N en los residuos orgánicos está en forma orgánica, trabajos de investigación son necesarios para determinar la tasa de mineralización y predecir la disponibilidad de nutrientes, particularmente N para un uso adecuado y eficiente en la producción agropecuaria (Sweeten *et al.*, 1982). La descomposición de materia orgánica depende de los microorganismos presentes y es una secuencia completa de procesos muy detallados en los cuales los organismos utilizan los compuestos orgánicos como fuente de alimento (Ross,

1998). Los organismos responsables principalmente de la descomposición de materia orgánica son quimio heterótrofos (todos los animales vertebrados e invertebrados, principalmente bacterias y hongos) los cuales fraccionan las moléculas orgánicas complejas para obtener ambos energía y nutrientes simples que requieren para construir sus propios tejidos corporales. (Horak E., 1968). Conocer los microorganismos presentes en el estiércol es de vital importancia ya que algunos de ellos pueden ser patógenos para los humanos, proceso que en el estiércol de la Laguna no se ha llevado a cabo. Además, se desconoce qué tipo de maleza está presente y que pasa cuando el estiércol es solarizado tanto con microorganismos como con maleza. Las principales especies de hongos detectados son las Mucorales, Discomycetes y Basidiomycetes, esto debido a que el estiércol es un producto rico en carbono el cual es una fuente nutricional básica para los hongos (Lincoff, 1981). Por otro lado se encontraron resultados similares indicando que después que el carbono en estructuras bioquímicas fácilmente biodegradables los Mucorales mueren quedando estructuras más fácil de degradar por hongos de los Ascomycetes y Basidiomycetes, respectivamente (Aguirre y Ulloa, 1983).

2.4 RIEGO POR GOTEO

El conocimiento del requerimiento de agua del cultivo es indispensable para realizar una planificación correcta del riego y mejorar la eficiencia de los sistemas de producción, suministrando al cultivo la cantidad de agua suficiente para satisfacer sus necesidades (Fernández, 2000). El riego debe aplicar la cantidad justa para cubrir la necesidad de agua del cultivo. Un exceso de agua de riego causa el lavado de fertilizante, mientras que una aportación de agua inferior a la necesidad de consumo de agua del cultivo puede provocar déficit hídrico y reducción en la producción.

Como alternativa de, producción el riego por goteo, tiene como limitante fundamental su alto costo de inversión inicial por lo que es conveniente en cultivos altamente remunerables como hortalizas y frutales. La eficiencia en uso de agua podría ser aumentada en 50% o más por este sistema en comparación con el

riego superficial. El riego por goteo tiene grandes ventajas en el ahorro de agua, ya que la evaporación es mínima y solo una porción del suelo es humedecida (Davis, 1980). Para mantener un control adecuado del agua aplicada, todos los emisores deben liberar la misma cantidad de dicho elemento, ya que el sistema de riego por goteo es diseñado para descargar cantidades controladas de agua (Ibarra y Rodríguez, 1983).

En virtud de la problemática del agua en la laguna se han realizado estudios en riego con cintilla en diferentes cultivos (Gaytán *et al.*, 2000 y 2001; Palomo *et al.*, 2001 y 2005; Mendoza *et al.*, 2000; Berzoza *et al.*, 2002; Rivera *et al.*, 2001). Trabajos que han demostrado diferencia en resultados en relación con el sistema de riego tradicional.

El riego por goteo suministra agua de manera lenta y uniforme a baja presión a través de mangueras de plásticos instaladas dentro o cerca de la zona radicular de las plantas. Es una alternativa a los sistemas de riego por aspersión o surcos. El riego por goteo puede reducir el uso de agua. En un sistema de riego por goteo se pierde muy poca agua porque hay poco escurrimiento, evaporación o percolación profunda en el suelo y mayor uniformidad reduciendo los gastos de fertilizantes y aplicarlos de acuerdo a las necesidades de las plantas. (C.C. Shock y T. Welch, 2013). La eficiencia de aplicación del agua es alta si se controlan las fuentes de pérdida. Lo cual se logra con un buen diseño, operación y mantenimiento del sistema, aminorando el impacto ambiental asociado a la contaminación del agua subterránea. (Basso *et al.*, 2008). El riego por goteo es una alternativa para aprovechar más eficientemente el problema de escasez de agua en zonas áridas y semiáridas y adicionalmente la aplicación de nutrientes se realiza en forma más eficiente. La eficiencia del riego por goteo es de 90 a 95 % (Berlijn y Brouwer, 1982).

El principio básico del riego por goteo es mantener un alto contenido de agua en un volumen reducido del suelo, lo que se logra mediante la aplicación diaria del agua, las pérdidas diarias. El mantener un buen potencial hídrico en el

suelo una de las ventajas del riego por goteo, lo que debe reflejarse en mayor producción, respecto al sistema de riego superficial. (Van Sch *et al.*, 2003).

La agricultura debe responder a la cambiante demanda de alimentos y contribuir al alivio de la inseguridad alimentaria y pobreza. La agricultura compite con otros usuarios por el agua disponible. El agua es el elemento clave en la producción agrícola (Salgado *et al.*, 2007). El manejo adecuado de agua puede conducir a excelentes resultados en la producción agrícola. (Alfaro *et al.*, 1990). La aplicación eficiente del agua, permite la obtención de buen rendimiento y estable, logrando un ahorro en su consumo. Un sistema de riego debe distribuir el agua uniformemente de manera que todas las plantas reciban la misma cantidad y satisfaga la necesidad hídrica de los cultivos (Cun *et al.*, 2011).

En México, el agua subterránea representa la única fuente permanentemente disponible para muchas zonas áridas y semiáridas, por las condiciones climáticas secas (Cortes *et al.*, 2014).

III. MATERIALES Y METODOS

3.1 SUELO DE LA COMARCA LAGUNERA

El suelo de la comarca lagunera está comprendido dentro del grupo Xerozem de acuerdo a la clasificación mundial. Suelo de color café, bajo en contenido de materia orgánica.

La textura del suelo de la región varía de arcilloso en la serie Zaragoza, migajón arcilloso en la serie Coyote, hasta migajón arcilloso y arenoso en la serie San Pedro, con buena capacidad de retención de humedad e infiltración, el pH varía de 7.2 a 8.8.

3.2 UBICACIÓN DEL SITIO EXPERIMENTAL

El presente trabajo de investigación se realizó en el ciclo primavera-verano del 2013 y se estableció en el campo agrícola experimental de la Facultad de Agricultura y Zootecnia de la UJED en el Ejido Venecia, municipio de Gómez Palacio, Durango. Ubicada en la Comarca Lagunera, localizada en el Kilómetro 28.5 de la carretera Gómez Palacio-Tlahualilo Durango, a una latitud Norte de 24° 28" y 104° 18" de longitud Oeste, y una altitud de 1110 msnm (Figura 2).

El clima es seco desértico o estepario cálido con lluvia en el verano e invierno fresco. La precipitación pluvial es de 258 mm y temperatura media anual de 22.1 °C, con 38.5 °C como media máxima y 16.1 °C como media mínima. La evaporación media anual es de aproximadamente 2 396 mm. La presencia de heladas ocurre de noviembre a marzo y rara vez en octubre y abril; mientras que la presencia de granizo ocurre entre mayo y junio. El suelo nativo es de aluvi3n, tipo aridosol, con pobre de materia orgánica (0.9%).

Se realizaron dos muestreos de suelo uno al inicio y otro al final para evaluar el efecto de esti3rcol solarizado sobre las propiedades f3sicas y quimas del suelo.

La germinaci3n de semilla y desarrollo radicular de la planta se logra realizando buenas pr3cticas agr3colas como: subsoleo, barbecho, rastreo,

| | |
|--|--------|
| Sodio (Na) meq/Lto. | 37.992 |
| Cloro (Cl) meq/Lto. | 3.806 |
| Carbonatos (CO ₃) meq/Lto. | 0.283 |
| Bicarbonatos HCO ₃ | 3.948 |
| Capacidad de intercambio catiónico CIC | 15.125 |

3.4 EL DISEÑO EXPERIMENTAL.

El diseño experimental utilizado fue un arreglo parcelas divididas en bloques completamente al azar con 5 tratamientos y 4 repeticiones. Los factores evaluados fueron: A: Dosis de estiércol solarizado (20, 40, 60 y 80 ton/ha), un testigo 120-60-00 fertilización química los fertilizantes utilizados Urea y Map. Factor B, variedades de algodón, DP 0935 BG/RR y DP 0167 RF. Las unidades experimentales fueron de 3.2 m ancho y 6.0 m largo. La siembra se realizó en surco sencillo a una distancia de 40 cm. entre surcos. El control de plagas se realizó de acuerdo a la presencia de las mismas resultado del monitoreo realizado semanalmente durante el ciclo del cultivo y los productos recomendados para su control.

3.5 RIEGO

En el sistema de riego por goteo se utilizó cintilla calibre 12 000 con emisores a 20 cm. y una distancia entre líneas regantes de 60 cm, regando diariamente. La lamina de riego se aplicó en base a la evapotranspiración del cultivo determinada en base al método del tanque evaporímetro tipo "A", midiendo la evaporación del tanque diariamente, multiplicándola por el factor del tanque de 0.80 y K_c del cultivo. La determinación del riego fue en base al 60 % de ET_c , considerando la siguiente fórmula:

$$ET_c = (E_v) (0.80) (K_c)$$

ET_c = Evapotranspiración del cultivo en mm/día.

E_v = Evaporación producida en un tanque evaporímetro tipo "A" en mm/día.

0.80 = Constante de ajuste al método del tanque evaporímetro tipo "A".

K_c = Coeficiente del cultivo, que varía de acuerdo a etapa del cultivo.

El riego se inició el día 9 de abril de 2013.

3.6 VARIABLES EVALUADAS

Características físicas y químicas del suelo del estrato 0-30 m se realizaron dos muestreos de suelo uno al inicio cuyas muestras fueron analizadas por el laboratorio de la Sociedad Cooperativa Agropecuaria de la Comarca Lagunera S. C. L. y otro al final analizado por el laboratorio de suelos de UAAAN-UL para evaluar el efecto del estiércol solarizado sobre las propiedades físicas y químicas del suelo.

El rendimiento de algodón en hueso se determinó en base a la parcela útil. La parcela útil fue de 3.2 x 4 m de la cual se tomaron dos surcos centrales para obtener el rendimiento en ton/ha.

3.7 ANALISIS ESTADISTICO

En el análisis de resultados se utilizó el programa SAS (Statistical Analysis System), versión 9.4 desarrollado por Bar y Goodnight, en la Universidad Estatal de Carolina del Norte (SAS,1998).

3.8 CROQUIS DE CAMPO.

CROQUIS DEL EXPERIMENTO

3.2 M

6M

| | | | | | | | | | |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| T1V1 | T2V1 | T3V1 | T4V1 | T5V1 | T4V2 | T1V2 | T3V2 | T2V2 | T5V2 |
| T5V2 | T4V2 | T2V2 | T1V2 | T3V2 | T2V1 | T5V1 | T4V1 | T1V1 | T3V1 |
| T2V1 | T1V1 | T5V1 | T3V1 | T4V1 | T5V2 | T3V2 | T2V2 | T4V2 | T1V2 |
| T5V2 | T3V2 | T4V2 | T2V2 | T1V2 | T4V1 | T1V1 | T3V1 | T2V1 | T5V1 |

Figura 3. Distribución de los tratamientos.

Factores:

A Dosis de estiércol

B Variedades de Algodón

T₁ 120-60-00 (Formula química)

V₁ DP 0935 BG/RR

T₂ 20 ton ha¹

V₂ DP 160 RF

T₃ 40

T₄ 60

T₅ 80.

IV. RESULTADOS Y DISCUSION

Características físicas y químicas del suelo del estrato 0-30 m del sitio experimental FAZ – UJED 2013.

De acuerdo con los resultados obtenidos se observa que la densidad aparente y (Da) Materia Orgánica (M.O) no fueron afectadas por la dosis de estiércol solarizado aplicadas, resultados similares a los reportados por Salamanca y Sadeghian, 2006; Huerta, 2010.

El pH se mantuvo medianamente alcalino el cual influye en la asimilación de nutrientes del suelo ya que algunos se pueden bloquear en determinadas condiciones de pH y no son asimilables para las plantas (Cruz, 2013).

La conductividad eléctrica se incrementó lo que reflejo en el nivel de salinidad del suelo pasando de moderadamente salino a salino resultado de la aplicación de estiércol solarizado. Esto explica el incremento de las sales solubles como Magnesio y Sodio. Por el contrario los Carbonatos CO_3 , el Calcio Ca, Cloruros Cl- disminuyeron al igual que los Bicarbonatos HCO_3 . La CIC de fluctuó entre 14-15.5 meq/100gr. (Mexicana, 2000; Molina, 2007), similares a los obtenidos por Gutiérrez-Barreto, 2014; Ramírez *et al.*, 2009; Trejo *et al.*, 2013. En resumen de acuerdo a los análisis realizados antes y después de la aplicación de estiércol solarizado no afectaron las propiedades físicas y químicas del suelo lo cual es factible ya que esto podría observarse en el siguiente ciclo resultado de una descomposición más completa del estiércol. La comparación fue cualitativa debido comparando los análisis antes y después de la aplicación.

Cuadro 2. Características físicas y químicas del sitio experimental ubicado en el CAE – FAZ – UJED, a 0 – 30 cm después del experimento 2013.

| Trat. | Da gr/cm ³ | M.O % | PH | CE mm/cm | Mg meq/Lto. | Ca meq/Lto. | Na meq/Lto. | Cl meq/Lto. | CO_3 | HCO_3 | CIC |
|-----------|--------------------------|-------|-------|-------------|----------------|----------------|----------------|----------------|---------------|----------------|--------|
| T1 - 0-30 | 1.17 | 1.385 | 8.015 | 5.605 | 2.885 | 13.325 | 38.97 | 3.825 | 0.35 | 3.47 | 15.5 |
| T2 - 0-30 | 1.1325 | 1.73 | 8.05 | 4.69 | 2.935 | 12.985 | 30.845 | 3.285 | 0.25 | 2.9 | 14.185 |
| T3 - 0-30 | 1.165 | 2.01 | 8.06 | 5.72 | 2.605 | 13.175 | 38 | 3.96 | 0.24 | 3.785 | 16.125 |

| | | | | | | | | | | | |
|-----------|--------|-------|------|-------|------|--------|--------|------|-------|-------|--------|
| T4 - 0-30 | 1.2265 | 1.825 | 7.99 | 6.66 | 3.18 | 14.6 | 46.785 | 3.66 | 0.275 | 4.35 | 14.565 |
| T5 - 0-30 | 1.18 | 1.605 | 8.14 | 5.185 | 3.2 | 13.925 | 35.36 | 4.3 | 0.3 | 3.625 | 15.25 |

Rendimiento de algodón: En el cuadro 3 se presenta el rendimiento (ton ha-1), bajo los tratamientos evaluados. El análisis estadístico encontró diferencia significativa entre dosis aplicadas de estiércol, entre variedades y la interacción de ambos factores. Los mejores rendimientos se obtuvieron aplicando 20 y 80 toneladas de estiércol. El mejor rendimiento se obtuvo con la variedad fue DP 0935 BG con 5.01 ton/ha. En la interacción de ambos factores el mejor rendimiento se obtuvo aplicando 80 ton/ha de estiércol y la variedad DP 0935 BG. En este estudio se encontraron rendimientos superiores a los reportados por Palomo *et al.*, (1997) y Gutiérrez-Barreto, (2014).

Cuadro 3. Rendimiento de dos variedades de algodón bajo la aplicación de diferentes dosis de estiércol solarizado, ciclo primavera-verano 2013. FAZ-UJED.

| Tratamiento | Variedad | | X |
|-------------|----------|----------|----------|
| | 0167 | 0935 | |
| Testigo | 3.34 b c | 3.68 b c | 3.51 b c |
| 20 ton/ha | 3.65 b c | 3.99 b | 3.82 a b |
| 40 ton/ha | 2.89 c | 3.27 b c | 3.08 c |
| 60 ton/ha | 3.48 b c | 3.59 b c | 3.53 b c |
| 80 ton/ha | 3.81 b c | 5.01 a | 4.41 a |
| X | 3.43 b | 3.91 a | |

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

V. CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados obtenidos y las condiciones en que se llevó a cabo la investigación, se concluye:

Que las propiedades del suelo son similares entre los tratamientos y no cambiaron significativamente después del aporte de estiércol.

El rendimiento del algodón fue afectado por las dosis de estiércol aplicadas.

El mayor rendimiento se obtuvo aplicando 80 ton/ha de estiércol con la variedad DP 0395 BG.

VI. BIBLIOGRAFIA CITADA

- Aguirre Acosta, E. y M. Ulloa, 1983. Primer registro en México sobre la sucesión de hongos en el estiércol de vaca. *Bol. Soc. Mex. Mic.* Pág. 76-88.
- Alfaro, J. F., Marín, V., & Aragüés, R. 1990. Uso de agua y energía para riego en América Latina. *PNUD, Brasil*.
- Basso, C., Villafañe, R., Torres, S., & Díaz, J. 2008. Evaluación de la uniformidad del riego y efecto del fertirriego nitrogenado en un huerto de lechosa (*Carica papaya L.*). *Bioagro*, 20(2), Pág. 105-110.
- Berlijn, J. D., Brouwer, C., & Manuales para educación agropecuaria. Area suelos y agua; 1982. Riego y drenaje. Trillas-SEP. Pág. 35.
- Berzoza M., Chávez. 2002. Fertirrigacion en hortalizas en el Distrito de Riego 05 de Delicias, Chihuahua. X Congreso Nacional de Irrigación. Chihuahua, Chih.
- Cadena, T.J. 2000. Crecimiento y desarrollo de la planta de algodón y sus efectos sobre el manejo del cultivo. In: Memoria curso manejo integrado del algodonoero, Corpoica. Valledupar. Pág. 46-57.
- Cawley, N., Edmisten, K., Wells, R., Stewart, A. 2002 Cotton physiology conference. Proc. Belt-wide Cotton Conf., Atlanta GA, 8-12 JAN. 2002 Natl. Cotton Counc, Memphis TN.
- Cun González, R., Puig Estrada, O., Morales Gómez, C., & Duarte Díaz, C. 2011. Evaluación de la uniformidad del riego por goteo en condiciones de casas de cultivo en explotación. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 20(1), Pág. 36-39.
- Cortés, F. A., Guillén, R. C., Navarro, P. S., & Smedley, P. L. 2014. Una revisión de la presencia de arsénico en el agua subterránea en México. Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales

(SEMARNAT). Insurgentes Sur 2416. México DF 04340.
felipe.arreguin@conagua.gob.mx.

Cruz Steff. 2013. Propiedades físicas y químicas del suelo. Marzo. https://prezi.com/q-weyg_ohpc7/propiedades-fisicas-y-quimicas-del-suelo/ Consultado el 22/11/2015.

Davis. G. 1980. Drip system evaluation irrigation. Vol. 14-15. Pág. 20.

Díaz, C. I. 2002. Respuesta a la fertilización Nitrogenada de nuevas variedades de algodón: Rendimiento, Componentes de rendimiento y calidad de fibra. Tesis. Pp 6, 7: Pág. 14 – 17.

Estrada Torres, Omar O.; Palomo Gil, Arturo; Espinoza Banda, Armando; Rodríguez Herrera, Sergio A.; Ruiz Torres, Norma A. 2008. Rendimiento y calidad de fibra del algodón cultivado en surcos ultra-estrechos. Revista Fitotecnia Mexicana, septiembre-Sin mes. Pág. 79-83.

Fernández, Ma. D. 2000. Necesidades hídricas en la programación de riego en los cultivos hortícolas en invernadero y el suelo enarenado de Almería y Málaga España. PhD diss. Almería, Universidad Almería, Almería, Spain (spanish). Pág. 70.

Florez-margez J. P., R. P. Fynn, W. C. Lindemann and M. Remmenga. 2000. Total nitrogen content of dairy manures in New Mexico. Agricultural experimental station, bulletin 785, Colege of Agriculture and home Economics, NMSU.

Figuroa-Viramontes, U., Cueto-Wong, J. A., Delgado, J. A., Núñez-Hernández, G., Reta-Sánchez, D. G., Quiroga-Garza, H. M., & Márquez-Rojas, J. L. 2010. Estiércol de bovino lechero sobre el rendimiento y recuperación aparente de nitrógeno en maíz forrajero. Terra Latinoamericana, 28(4), Pág. 361-369.

Gutiérrez Barreto, J. A. 2014. Producción de algodón (*Gossypium Hirsutum L.*) bajo fertilización foliar con te de vermicompost. Tesis. repositorio.uaaan.mx

- Gaytan, M. A., Palomo, G. A., Godoy, A. S. 2001. Eficiencia en la producción y distribución de biomasa en variedades precoces de algodón. *Fitotecnia Mexicana*. 24, Pág. 197-202.
- Gaytan, M. A., Palomo, G. A., Reta, S. D., Godoy, A. S., García, C. E. 2000. Respuesta del algodón cv. Cian Precoz al espaciamento entre surcos y densidad de población. *Fiton 2004 Buenos Aires, Arg.* Pág. 57-67.
- García H. J. L., Salazar S. E., Orona C L., Fortis H. M. Trejo E. H. I. 2010. *Agricultura orgánica, Tercera parte –Primera Edición.* Universidad Juárez Del Estado De Durango.
- Gómez Cruz, M. A. Schwentesius – Rindermanm, R. Y Gómez-Tovar, L. 2005. *Agricultura Orgánica De México: Situación “Retos” Tendencias.* Revista sobre el desarrollo sustentable, ecología y empresas de México y América Latina.
- Gómez, B.J.G. 2000. Algodón. In: *Agro-síntesis.* Julio 2000. Editorial Año Dos Mil. Pág. 9-13.
- Huerta, H. 2010. Determinación de propiedades físicas y químicas de suelos con mercurio en la región de San Joaquín y su relación con el crecimiento bacteriano. Universidad Autónoma de Querétaro Facultad de Ciencias Naturales, Campus Juriquilla Querétaro, Qro. México.
- Horak, E., 1968. Sinopsis generum *Paneolus agaricalium*. *Beitr. Zur kryptogamenflora der Schweizer* 13.
- Ibarra, J. I. y A. Rodríguez, P. 1983. *Varios Cultivos, Manual de Agro Plásticos 1.* Acolchado de cultivos Agrícolas CIQA, Saltillo, Coahuila, México. Pág. 38-40.
- Iversen, K. V., J. G. Davis and M. F. Vigil, 1997. Variability of manure nutrient content and impact on manure sampling protocol. *Colorado State University* . Pág. 4.

- Lincoff, G. H. 1981. Field guide to North American mushrooms. Knopf Inc. Nueva York, Pág. 926.
- Lima, M. D. R. R., Santos, A. T., Espinosa, R. G., & Cerrato, R. F. 2000. Producción de papa y biomasa microbiana en suelo con abonos orgánicos y minerales. Agro ciencia. Colegio de Postgraduados. 56230, Montecillo, Edo. de México. Vol. 34, Núm. 4. Pág. 261-261.
- Llamas R. G. Madrigal M. F. 2008. Algodón. Departamento de fitotecnia. Universidad Autónoma de Aguascalientes. Aguascalientes, México. Primera Edición. Pág. 1–20.
- Mendoza, M. S. F., García, G., Martínez, S. J., Macías, R. H. 2000. Interacción agua-nutrientes en 3 sistemas de producción de sandía con riego por cintilla y acolchado plástico. X congreso nacional de irrigación. Simposio I. ingeniería de riego. Chihuahua, Chih.
- Mexicana, N. O. 2000. NOM-021-RECNAT-2000. Establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudios, muestreos y análisis. Diario Oficial de la Federación de la federación, Pág. 14, 17.
- Molina, E. 2007. Análisis de suelos y su interpretación. Centro de Investigaciones Agronómicas, Universidad de Costa Rica.
- Mejía Salazar, J. R. 2014. Evaluación de la interacción genotipo por ambiente para variedades transgénicas de algodón *Gossypium hirsutum* I (Doctoral dissertation, Universidad Nacional De Colombia).
- Palomo, G. A. JF Chávez G (1997) Respuesta de la variedad precoz de algodón "CIAN 95" a la fertilización nitrogenada. *Inf. Téc. Econ. Agraria*, 93, Pág. 126-132.

- Palomo, G. A., Chavez, J.F. Godoy, A. S. 2001. Efecto de los riegos de auxilio y densidad de población en el rendimiento y calidad de fibra del algodón. TERRA. Vol. 9. Num. 3. Pág. 265-271
- Palomo, G .A., Gutiérrez, E., Rodríguez, H. S., Estrada, T. O., Pardo, C. J. 2005. Surcos ultra estrechos, variedades y su efecto en el rendimiento, producción y distribución de biomasa del algodón. Informe de investigación.
- Perkins, W. R. 1998. Three year overview of UNCR vs. conventional cotton. P: 91 In: Paul Dugger, Debbie Ritcher (ed.) Cotton Physiology Conference. Proc. Belt - wide Cotton Conf. San Diego, Cal. 5-6 Jan. 1998. Natl. Cotton Counc, Memphis, TN.
- Prince, W.B., Landivar, J. A., Livingston, C. W. 2002. Growth, Lint yield and fiber Quality as affected by 15 and 30-inch row Spancing and pix rates. P: 1481 Cotton physiology conference. Proc. Belt-wide cotton Conf., Atlanta GA, 8-12Jan. 2002.Natl. Cotton Counc, Memphis TN.
- Quiñones, P.F.J. 2008. Guía para producir algodón en el Valle de Mexicali y San Luis del Rio Colorado Sonora. Instituto de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. INIFAB.
- Ross, S. 1998. Soil proceses: a Systematic aproach. Chapinan ant Hall inc New York, N.Y. Pág. 39-74.
- Rodríguez Rico, M. 2000. Modernización y reactivación de la producción de algodón en la región de la costa caribe colombiana mediante la implementación de un programa integral de transferencia y adopción de tecnología. Memoria curso manejo integrado del algodonoero. Pág. 6-11.
- Rivera, G. M., Orona, C., Sánchez, C. I., Macías, R. H., Martínez, S. J., Estrada, A. J. 2001. Obtención de una función de de producción de agua para el cultivo de

alfalfa en riego por goteo. XV Congreso Latinoamericano y IV Cubano de la ciencia del suelo. Varadero, Cuba.

Robles, R. 2002. Producción de oleaginosas y textiles/Oil Production and Fiber. Editorial Limusa. Pág. 172 – 177.

Ramírez, M. E. R., Vázquez, C. V., Sosa, E. S., Castillo, I. O., Tarango, R. Z., Hernández, M. F., & Ríos, A. M. 2009. Respuesta del algodón (*Gossypium hirsutum* L.) a densidades de población y fertilización orgánica, en surcos ultra estrechos utilizando riego por cintilla. Directorio UJED. Pág. 7.

Retes López, Rafael; Moreno Medina, Salomón; Denogean Ballesteros, Francisco G.; Martín Rivera, Martha; Ibarra Flores, Fernando. 2015. Análisis de rentabilidad del cultivo de algodón en sonora. Revista Mexicana de Agro negocios, Enero-Junio. Pág. 1156-1166.

Sweeten J. M. Jr., A. C. Maters and G. R. McEachern, 1982. Improving soil with manure application. Texas A&M University. Pág. 74.

Salamanca, A., & Sadeghian, S. (2006). La densidad aparente y su relación con otras propiedades en suelos de la zona cafetera colombiana.

Shock, C. C., & Welch, T. 2013. *El riego por goteo: Una introducción*. Oregon State University, Extension Service.

Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). 2010. Anuario estadístico de la producción agropecuaria en la Comarca Lagunera. Delegación Regional de la SAGARPA, Lerdo Durango.

Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). 2004. Sector agropecuario. Resumen Económico Anual de La Comarca Lagunera. El siglo de torreón.

- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). 2002. Anuario estadístico de la producción agropecuaria en la Comarca lagunera. Delegación regional de la SAGARPA, Lerdo Dgo.
- Sosa, E. S., Martínez, J. D. L., Tarango, R. Z., Vázquez, C. V., Hernández, M. F., & Silva, J. V. 2003. Uso y aprovechamiento del estiércol como alternativa nutricional en invernadero. Gómez Palacio Dgo.
- Salgado, S. Z., Larios, L. F., Espinoza, F. H. R., Duarte, W. P., & Gómez, A. L. 2007. Eficiencia en el uso del agua en maíz (*Zea Mays L.*) con riego por goteo, en el Valle de la Paz, Baja California Sur, México. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 16(3), Pág. 33-36.
- Trinidad S, A. 1987. Uso de abonos orgánicos en la producción agrícola. *Serie Cuadernos de edafología*, Pág. 10.
- Trejo-Escareño, H. I., Salazar-Sosa, E., López-Martínez, J. D., & Vázquez-Vázquez, C. 2013. Impacto del estiércol bovino en el suelo y producción de forraje de maíz. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 4(5), Pág. 727-738.
- Van Sch, G. S., Ferreyra, R., Contreras, G., Ahumada, R., Valenzuela, J., & Bravo, R. 2003. Manejo de riego por goteo en uva de mesa cv. Thompson seedless cultivada en suelos de textura fina¹. *Agricultura técnica (Chile)*, 63(2), Pág. 180-192.
- Walker, J. K. 1999. Suitability of composted dairy manure for plant production in New Mexico Masters Thesis. New México State University. Las Cruces Nm.

VII. APÉNDICE

Apéndice 1. Rendimiento de dos variedades de algodón bajo diferentes dosis de estiércol, ciclo primavera-verano 2013. FAZ-UJED.

| Fuente | DF | Suma de cuadrados | Cuadrado de la media | F-Valor | Pr > F |
|-----------------|----------|-------------------|----------------------|---------|--------|
| Modelo | 24 | 29.11678500 | 1.21319938 | 2.85 | 0.0198 |
| Error | 15 | 6.39301250 | 0.42620083 | | |
| Total corregido | 39 | 35.50979750 | | | |
| R-cuadrado | Coef Var | Raíz MSE | Rend Media | | |
| 0.819965 | 17.76316 | 0.652841 | 3.675250 | | |

Apéndice 2. Interacción entre bloque*tratamiento y tratamiento*variedad.

| Fuente | DF | Tipo III SS | Cuadrado de la media | F-Valor | Pr > F |
|--------|----|-------------|----------------------|---------|--------|
| Bloq | 3 | 2.91208750 | 0.97069583 | 2.28 | 0.1214 |
| A | 4 | 7.71903500 | 1.92975875 | 4.53 | 0.0134 |
| bloq*A | 12 | 14.83502500 | 1.23625208 | 2.90 | 0.0273 |
| B | 1 | 2.25150250 | 2.25150250 | 5.28 | 0.0363 |
| A*B | 4 | 1.39913500 | 0.34978375 | 0.82 | 0.5319 |

Apéndice 3. Tests de hipótesis usando el MS Tipo III para bloque*tratamiento como un término de error.

| Fuente | DF | Tipo III SS | Cuadrado de la media | F-Valor | Pr > F |
|-------------|----|-------------|----------------------|---------|--------|
| Tratamiento | 4 | 7.71903500 | 1.92975875 | 1.56 | 0.2473 |
| Bloq | 3 | 2.91208750 | 0.97069583 | 0.79 | 0.5249 |