

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA  
“ANTONIO NARRO”**

**DIVISIÓN DE INGENIERIA  
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DEL SUELO**



**Evaluar el Rendimiento de Maíz (Zea mays, L.) bajo la Labranza de Conservación con dos Sistemas de Riego**

**POR:**

**DEISY GUADALUPE SÁNCHEZ CHÁVEZ**

**T E S I S**

**Presentada como Requisito Parcial para Obtener el Título de:**

**INGENIERO AGRICOLA Y AMBIENTAL**

**Buenavista, Saltillo, Coahuila México.**

**Diciembre del 2011**

**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA**

**"ANTONIO NARRO"**

**DIVISIÓN DE INGENIERIA**

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DEL SUELO**

**Evaluar el Rendimiento de Maíz (Zea mays, L.) bajo la Labranza de  
Conservación con dos Sistemas de Riego**

**Por:**

**DEISY GUADALUPE SÁNCHEZ CHÁVEZ**

**Tesis**

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

**INGENIERO AGRICOLA Y AMBIENTAL**

**Aprobado Por:**

**Dr. Luis Miguel Lasso Mendoza**  
Presidente del Jurado

**M.C. Juan Manuel Cepeda Dovala**  
Sinodal

**Ing. Rafael De la Rosa González**  
Sinodal

**Dr. Emilio Rascón Alvarado**  
Suplente

**M.C. Luis Rodríguez Gutiérrez**  
Coordinador de la División de Ingeniería

Universidad Autónoma Agraria  
"ANTONIO NARRO"

**Buenavista, Saltillo, Coahuila**

**Diciembre del 2011**



## AGRADECIMIENTOS

### ***A Dios y a la Virgen de Guadalupe***

*Por darme la dicha de venir a este mundo y sobrevivir ante las tempestades, por tener a mi lado a las personas que más quiero y amo con todo mi ser "MI FAMILIA" Gracias señor te doy por todas esas oportunidades que se me han presentado en mi vida, guiándome siempre en este largo y arduo camino de dificultades y obstáculos, por permitirme culminar satisfactoriamente con una más de mis metas propuestas, pero sobre todo dándome todo lo que poseo aun sin ser laudable de ello.*

### ***A mi alma mater***

*La Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro", gracias te doy por haberme albergado en tus instalaciones durante todo este tiempo, teniendo la maravillosa oportunidad de concluir mis estudios superiores, así mismo otorgarme el privilegio de adquirir conocimientos nuevos que en dado momento me serán útiles para enfrentarme a nuevos retos que me confiera la vida, cada rincón de ti estará presente en mis recuerdos, como olvidar cada momento que pase y compartí, gracias te doy y no te digo "adiós" porque algún día volveré.*

### ***A FIRA (Fideicomisos Instituidos en Relación a la Agricultura), CDT (Centro Demostrativo Tecnológico) Villadiego***

*A dicha empresa por haberme otorgado el privilegio de consumir mis estancias profesionales, adquiriendo nuevos conocimientos y experiencias, más aun permitirme realizar mi trabajo de investigación, por toda la atención, apoyo y generosidad brindada en cada instante "mil gracias".*

### ***Al Ing. Leovardo Contreras Alvarado***

i

*Por su apoyo incondicional durante mi estancia en la empresa, por brindarme su tiempo, dedicación y conocimientos para la culminación de este trabajo de investigación, a usted mi respeto, admiración y agradecimiento.*

### ***Al Ing. Esteban Michel Ramírez***

*Gracias por su aprobación y apoyo durante mi estancia en Villadiego, por permitirme estar en dicha empresa adquiriendo conocimientos y contribuyendo de tal manera para lograr mi meta antes propuesta.*

***Al Ing. Samuel Gallardo Granados***

*A usted mi respeto y agradecimiento de todo corazón, por apoyarme en todo momento durante la realización de cada actividad, por su amabilidad, paciencia, colaboración, tiempo brindado y generosidad “Muchas Gracias”.*

***Ing. Anabel Hernández Sandoval***

*Gracias te doy por tu apoyo incondicional durante mi estancia, por tu valiosa amistad, esa generosidad y humildad de tu parte que te caracteriza como un gran ser humano, por tus buenos consejos y palabras de aliento que me brindabas cuando más lo necesitaba, esos instantes que compartimos juntas nunca los olvidare.*

***Ing. Fernando Fernández Duarte***

*Quiero expresarle mi más sincero agradecimiento por haberme apoyado en la culminación de mi trabajo y contribuido en la realización de estancias, por su colaboración, paciencia, y tiempo brindado, “GRACIAS”*

ii

***Dr. Luis M. Lasso Mendoza***

*A usted quiero reiterarle mi agradecimiento en especial por todo su apoyo incondicional durante mi estancia en la universidad, como profesor y gran amigo, por brindarme su tiempo, dedicación, paciencia y conocimientos para la culminación de este trabajo de investigación, ya que sin su ayuda no hubiese podido lograr mi objetivo antes propuesto, mi respeto y admiración.*

***Ing. Rafael De la Rosa González***

*Gracias por todo el apoyo brindado, por su dedicación, amabilidad y sugerencias en la revisión de este trabajo de investigación.*

***MC. Juan Manuel Cepeda Dovala***

*A usted mi respeto, por ser una de las personas que más nos apoyo durante la estancia en la universidad dentro y fuera de las aulas, por la confianza que deposito en mí y por su colaboración en sus aportaciones y revisión de este trabajo.*

***Dr. Emilio Rascón Alvarado***

iii

*Gracias por su ayuda en la interpretación de los datos obtenidos, por las sugerencias y recomendaciones brindadas, por sus palabras atentas que me brindaron confianza en sí misma y me confortaron cuando lo necesite. Muchas gracias*

***Biol. Silvia Pérez Cuellar***

*Como olvidarme de la persona más humana de este mundo, gracias por enseñarme que antes de todo y de cualquier circunstancia jamás olvidemos de dónde venimos y a donde vamos, que el logro y la satisfacción de un reto en nuestra vida es esfuerzo, dedicación, voluntad, perseverancia y desvelos de nuestros padres.*

*A usted mi respeto, admiración, ejemplo a seguir y el más sincero agradecimiento no solo por ser una excelente profesora, sino también por la confianza que deposito en mi desde que la conocí, los conocimientos brindados, y todos los sabios consejos de su parte, por esas palabras de aliento que me brindo cuando más lo necesitaba. "GRACIAS"*

*A todos mis profesores de esta institución "GRACIAS" por todos sus conocimientos impartidos, por sus buenos consejos y atenciones brindadas, a aquellos que contribuyeron a mi formación les reitero mi respeto, admiración y agradecimiento. "Mil gracias"*

## DEDICATORIAS

iv

***A mis padres***

*Vicente Sánchez Cruz*

*Ma. Trinidad Chávez Rodríguez*

*En mi mente aun está presente la gran lección "Que para lograr lo que yo mas quiero, tengo que sacrificar lo que más amo" y son ustedes mi FAMILIA.*

*Como retribuirles todo lo que me han proporcionado, por el hecho de otorgarme la vida no tengo palabras para agradecerles tanto amor, comprensión, desvelos, preocupaciones, y confianza, reciban ustedes mi más sincero agradecimiento de todo corazón.*

*Doy gracias a dios por tener a los padres más maravillosos del mundo porque sin su apoyo no hubiese logrado nada, ustedes son mi razón de vivir, la fuerza que me impulsa a salir adelante, mi ejemplo a seguir; ya que siempre sacrificaron sus propias necesidades por darme lo que yo necesitaba.*

*Es por eso que reciban este pequeño pero significativo reconocimiento, por los valores que me inculcaron, la educación, el ejemplo como padres, el respeto y todo el amor. “Muchísimas gracias” los amo con todo mi corazón”.*

#### ***A mis hermanos***

*J. José Sánchez Chávez*

v

*Julio Cesar Sánchez Chávez*

*Ustedes son el pilar que aun me permite estar de pie, como agradecerles todo su apoyo, confianza, comprensión y cariño. Soy muy dichosa por tenerlos a mi lado y formar parte de mi vida.*

*A ti José que siempre has sido mi ejemplo a seguir, gracias por confiar en mí, por tus buenos consejos y esas palabras de aliento que me brindas cuando más lo necesito, por apoyarme en todo momento y hacerme entender que la vida es maravillosa cuando logras lo que te has propuesto, que no hay obstáculo que no puedas vencer, y que “para aquellos que deciden creer en lo que sueñan nada es imposible”. Por esa nobleza y la sonrisa que llevas siempre, que de alguna u otra manera la transmites y me haces sentir bien cuando estamos juntos.*

*A ti cesarin (Mi pequeño enano), Tu eres el motivo que me inspira y me da fuerzas para lograr lo que me he propuesto, gracias te doy por escucharme cuando estoy triste, por esos sabios consejos cuando más lo necesito, por estar siempre al pendiente de mí, por los momentos de risas y alegrías que pasamos juntos y ese corazón enorme lleno de bondad y amor que te caracteriza.*

**“GRACIAS HERMANOS LOS QUIERO MUCHO”**

### ***A mis abuelos Maternos***

*Pedro Chávez López.*

*Ma. Isabel Rodríguez Arellano*

*Ustedes mas allá de ser los mejores abuelos, son los mejores padres que tengo, gracias doy a dios por aun conservarlos y tener la dicha de compartir mis mejores momentos de alegrías y felicidad a su lado, la distancia que nos separa es enorme pero no importa ya que siempre están presentes en mi pensamiento y en mi corazón.*

*Gracias papá y mamá por ser mi ejemplo de fortaleza y sabiduría, por esos sabios consejos que recibo de su parte, pocos pero muy acertados, por ese amor desinteresado que me brindan y la confianza plena que depositan en mí. “Los adoro con todo mi corazón”.*

### ***A mis Abuelos paternos***

*J. José Sánchez Vixtha*

*Sofía Cruz Quiterio*

*Gracias les doy por ser parte de mi familia por los momentos que compartimos juntos y los bellos recuerdos de mi infancia que compartí con ustedes, mi respeto y admiración.*

*A toda mi familia “muchas gracias” Me es difícil mencionar a cada uno ya que somos una familia muy grande por lo que resultaría una larga lista el nombrarlos. Por todo su apoyo, cariño y comprensión.*

*“NADIE SE VA MIENTRAS EXISTA ALGO QUE LO RECUERDE”*

vii

*A la memoria de mi prima:*

***Claudia Huerta Chávez (†)***

*Como no extrañarte si tú sigues estando aquí presente en mi corazón, basta con solo recordarte para saber que existes, gracias por esa gran lección de amor, se que quizás nunca nos resignemos con tu partida porque el “adiós” duele y entristece nuestros corazones.*

*Gracias por todo, por esos instantes de felicidad y alegría que compartimos, jamás los olvidare.*

***Quiero dedicarle este trabajo a una persona muy especial para mí:***

*Por esa infinita bondad y amor que ha demostrado tener hacia mi familia “Mi evita” Reciba este reconocimiento de todo corazón, gracias a usted mi vida cambio no existe llanto ni rencor y mi existencia es armonía perfecta, llena de paz interior. Gracias por todo el apoyo y por permitirme formar parte de esa linda y hermosa familia: **Iris, Nefalí, Heimy.***

**Armando Corvera Zavala**

**Ma. Del rosario Salas García (Doña Chayito)**

*A veces creemos que la vida es justa cuando recibimos aquello que merecemos ya sea para bien o para mal, durante este tiempo tuve la dicha de formar parte de una “familia” maravillosa que aun sin conocerme me abrieron las puertas de su hogar, dándome un rincón que me permitiera no extrañar demasiado al hogar verdadero, para ustedes mi más profundo agradecimiento, por sus consejos, por las palabras de aliento, por su apoyo incondicional, por sus oraciones, no tengo palabras para agradecerles todas las atenciones brindadas desde que llegue, como poder retribuirles lo que hicieron por mí, es por eso que por medio de estas cuantas líneas quiero decirles*  
**GRACIAS DE TODO CORAZON “FAM. CORVERA SALAS”**

viii

**Al Sr. Alfredo Álvarez Valero**

*A usted mi más sincero agradecimiento por haberme brindado hospedaje durante mi estancia en la universidad, por su amistad, por todo el apoyo que recibimos de su parte, por esos tantos consejos que creo yo que en dado momento me serán útiles para tratar de corregir los errores cometidos. Muchas Gracias*

**A Doña Rosita**

*Como no acordarme de aquella persona que me abrió las puertas de su hogar el día de mi llegada a saltillo, gracias por su apoyo, por su valiosa amistad, por sus consejos, por proporcionarme un techo donde alojarme. Por esa nobleza que la caracteriza y la hace ser una persona muy apreciada por mi y por mi familia.*

**Al Sr. Domingo Cruz**

**A la Sra. Aurora Bautista Flores**

*Gracias por todo su apoyo, por sus buenos consejos y por estar siempre al pendiente, por la amistad sincera no solo de ustedes sino de su familia; (Efraín, David, Marcos, Oscar, Nayeli y América), mi respeto, admiración y agradecimiento, dios los bendiga y los colme de bendiciones.*

*Dicen que la amistad se demuestra en los buenos y malos momentos, un AMIGO es aquel que comparte a tu lado los mejores momentos de su vida, las tristezas y alegrías; Gracias por estar siempre conmigo y mas allá de ser mis mejores amigos los considero mis*

*verdaderos HERMANOS para mí son especiales ya que siempre los llevo en mi corazón, por el simple hecho de compartir todos aquellos momentos, aquellas travesuras y porque no? los disgustos que pasamos.*

*Pero a pesar de todas esas tempestades hemos salido adelante y hacer que nuestra amistad perdure no importando donde estemos o a donde vayamos, gracias por demostrarme que formo parte de su vida y que siempre contare con el apoyo incondicional de ustedes.*

*Mi más sincero agradecimiento, con cariño para ustedes mis hermanos:*

*José Benito Godoy Godoy (Hidalgo)*

*Araceli Altunar Hernández (Chiapas)*

*Nancy C. Amarilla Monges (Paraguay)*

*Teresa Arrellin Morales (Zacatecas)*

*A mis compañeros de la generación CX Agrícola y ambiental*

*Gracias por compartir con ustedes todos aquellos momentos de risas, alegrías, tristezas, por el apoyo que me brindo cada uno de ustedes en dado momento. Les deseo lo mejor en la vida y profesionalmente, mi respeto y admiración: Victor (choklin), Víctor D. Raymundo, R. Donovan, Nelly, María H., Jonathan, Israel, Rogelio, Elmer, Angelo I., José I., Ramón (Monchito).*

## INDICE DE CONTENIDO

	x
<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	<b>i</b>
<b>DEDICATORIA</b> .....	<b>v</b>
<b>INDICE DE CONTENIDO</b> .....	<b>xi</b>
<b>INDICE DE CUADROS</b> .....	<b>xv</b>
<b>INDICE DE FIGURAS</b> .....	<b>xv</b>
<b>CAPITULO 1</b> .....	<b>1</b>
<b>1. INTRODUCCION</b> .....	<b>1</b>
<b>1.1 CONCEPTUALIZACIÓN DEL PROBLEMA E IMPORTANCIA DEL ESTUDIO.</b> .....	<b>1</b>
<b>1.2 ANTECEDENTES</b> .....	<b>4</b>

1.2.1 Historia de la labranza de conservación en el mundo .....	4
1.2.2 Historia de la labranza de conservación en México .....	6
1.2.3 Antecedentes del centro de desarrollo tecnológico “Villadiego” FIRA .....	9
<b>1.3 OBJETIVO .....</b>	<b>11</b>
<b>1.4 HIPOTESIS .....</b>	<b>11</b>
<b>CAPITULO II .....</b>	<b>12</b>
<b>2. REVISION DE LITERATURA .....</b>	<b>12</b>
<b>2.1 DEFINICION DE LABRANZA .....</b>	<b>12</b>
<b>2.2 LABRANZA DE SUELOS .....</b>	<b>12</b>
2.2.1 Labranza primaria .....	12
2.2.2. Labranza secundaria .....	13
2.2.3 Operaciones de cultivo .....	13
2.2.4 Labranza de post-cosecha .....	13
<b>2.3 SISTEMAS DE LABRANZA .....</b>	<b>13</b>
2.3.1 L-Convencional o tradicional .....	13
2.3.2 Labranza mínima.....	14
2.3.3 Labranza cero o no labranza.....	14
2.3.4 Labranza optima.....	14
2.3.5 Labranza reducida.....	14
2.3.6 Labranza en franjas.....	15
2.3.7 Labranza de conservación .....	xi
<b>2.4 EL SISTEMA DE LABRANZA DE CONSERVACION .....</b>	<b>16</b>
2.4.1 No labranza .....	16
2.4.2 Labranza de camellones .....	16
2.4.3 Labranza en franjas.....	17
2.4.4 Labranza de coberteras.....	17
<b>2.5 IMPORTANCIA DEL MANTILLO .....</b>	<b>17</b>
<b>2.6 EFECTOS DE LAS REACCIONES DEL SUELO DEBIDO A LA PRESENCIA DE MANTILLO .....</b>	<b>18</b>
2.6.1 Infiltración .....	18
2.6.2 Almacenamiento.....	18
2.6.3 Evaporación directa de agua en el suelo .....	19

2.6.4 Erosión .....	19
2.6.5 Materia orgánica.....	19
2.6.6 Temperatura del suelo.....	19
<b>2.7 COMPACTACION DEL SUELO .....</b>	<b>20</b>
2.7.1 Origen de la compactación del suelo .....	20
2.7.2. Problemas que ocasiona la compactación .....	21
<b>2.8 EFECTOS DE LA COMPACTACION EN LOS SUELOS AGRICOLAS ...</b>	<b>22</b>
2.8.1. Aumento de la resistencia mecánica del suelo.....	23
2.8.2 Disminución de la macro porosidad del suelo .....	23
2.8.3 Dificultad para la penetración de raíces .....	23
<b>2.9 PROPIEDADES FISICAS DEL SUELO.....</b>	<b>24</b>
<b>2.10 CONDICIONES FISICAS DEL SUELO.....</b>	<b>25</b>
2.10.1 Estructura .....	25
2.10.2 Densidad aparente .....	25
2.10.3 Humedad del suelo.....	25
2.10.4 Temperatura.....	26
<b>2.11 EFECTOS DE LA LABRANZA EN LAS PROPIEDADES DEL SUELO .</b>	<b>27</b>
<b>2.12 EFECTOS DE LA LABRANZA SOBRE LAS CONDICIONES FISICAS</b>	
<b>DEL SUELO.....</b>	<b>28</b>
2.12.1 Efecto sobre la Textura .....	28
2.12.2 Efecto sobre la Agregación .....	28
2.12.3 Efecto sobre la Estructura .....	29
2.12.4 Efecto sobre la Densidad aparente .....	29
2.12.5 Efecto sobre la Infiltración de agua .....	30
2.12.6 Efecto sobre la Compactación.....	30
2.12.7 Efecto sobre el Régimen hídrico .....	31
<b>2.13 EL CULTIVO DE MAIZ .....</b>	<b>32</b>
2.13.1 Importancia y caracterización del cultivo .....	32
2.13.2 Diagnostico del cultivo.....	33
2.13.3 Situación actual de la actividad .....	34
2.13.4 Situación actual de los niveles tecnológicos y productivos de la actividad en la región.....	34
2.13.5 Situación del mercado del producto o productos que genere reactividad en la región.....	36

<b>2.14 COMPONENTES DEL RENDIMIENTO .....</b>	<b>37</b>
<b>2.15 SISTEMAS DE RIEGO.....</b>	<b>38</b>
2.15.1 Riego por goteo.....	38
2.15.2 Riego rodado.....	39
<b>CAPITULO III.....</b>	<b>41</b>
<b>3 MATERIALES YMETODOS.....</b>	<b>41</b>
<b>3.1 Descripción del área de estudio .....</b>	<b>41</b>
<b>3.2 Localización.....</b>	<b>42</b>
<b>3.3 Extensión .....</b>	<b>42</b>
<b>3.4 Clima.....</b>	<b>43</b>
<b>3.5 Principales ecosistemas.....</b>	<b>43</b>
3.5.1 Flora.....	43
3.5.2 Fauna.....	43
<b>3.6 Hidrología.....</b>	<b>43</b>
<b>3.7 Orografía.....</b>	<b>44</b>
<b>3.8 Clasificación y uso del suelo .....</b>	<b>44</b>
<b>3.9 Características de los materiales.....</b>	<b>45</b>
3.9.1 Variedades y requerimientos del cultivo de maíz .....	45
<b>3.10 Maquinaria e implementos en el cultivo de maíz.....</b>	<b>47</b>
<b>3.11 Descripción de los tratamientos en el cultivo de maíz .....</b>	<b>48</b>
<b>3.12 Diseño experimental .....</b>	<b>50</b>
<b>3.13 Parámetros de evaluación.....</b>	<b>xiii</b>
<b>CAPITULO IV.....</b>	<b>52</b>
<b>4. RESULTADOS Y DISCUSION .....</b>	<b>52</b>
<b>CAPITULO V.....</b>	<b>59</b>
<b>5. CONCLUSIONES .....</b>	<b>59</b>
<b>LITERATURA CITADA .....</b>	<b>61</b>
<b>APENDICE.....</b>	<b>65</b>

## INDICE DE CUADROS

	xiv
Cuadro 1. Superficie sembrada con labranza de conservación a nivel mundial. o	
Cuadro 2. Características generales del híbrido NKNM1078 .....	45
Cuadro 3. Características generales del híbrido NOVASEM (NB9) .....	46
Cuadro 4. Características generales del híbrido QPM (INIFAP BAJIO) .....	47
Cuadro 5. Características de los tratamientos.....	48
Cuadro 6. Análisis de varianza para el rendimiento en el cultivo de maíz.....	56
Cuadro 7. Tabla de medias (DMS).....	57

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación geográfica del estado de Guanajuato .....	41
Figura 2. Localización del área de estudio .....	42
Figura 3. Croquis de los tratamientos .....	49
Figura 4. Determinación de pH.....	52
Figura 5. Determinación de C.E. ....	53
Figura 6. Determinación de Da.....	54
Figura 7. Determinación de M.O. ....	55
Figura 8. Rendimiento en el cultivo de Maíz.....	57

### **Evaluar el Rendimiento de Maíz (*Zea mays*, L.) bajo la Labranza de Conservación con dos Sistemas de Riego**

xv

**Por**

**Deisy Guadalupe Sánchez Chávez**

### **RESUMEN**

La labranza de Conservación es un concepto que incluye una serie de técnicas que permiten detener o revertir los efectos nocivos del exceso de laboreo sobre las características físicas y químicas del suelo, promoviendo los procesos

biológicos y, por tal motivo, permitiendo conservar o recuperar la productividad del mismo, ya que este depende del tipo de clima y suelo prevaleciente en el sitio donde se establecerá el cultivo.

Por lo anterior el objetivo principal es evaluar el rendimiento de maíz bajo un sistema de Labranza de Conservación (L-C), en el campo experimental de Villadiego Municipio de Valle de Santiago Guanajuato; donde se ha mantenido la rotación de cultivos, entre ellos el maíz estableciendo lotes o parcelas demostrativas. Los parámetros que se tomaron en cuenta para evaluar dicho rendimiento fueron: Densidad aparente (Da), Contenido de Materia orgánica (M.O), Conductividad eléctrica (C.E), Ph, Textura del suelo y el grado de compactación (Dureza). Se realiza una correlación entre los mismos, observando que el factor limitante para un alto o bajo rendimiento fue el contenido de Materia Orgánica.

**Palabras Clave:** Rendimiento, Labranza de Conservación, Riego, Maíz.

## **CAPITULO I**

xvi

### **1. INTRODUCCION**

#### **1.1 CONCEPTUALIZACIÓN DEL PROBLEMA E IMPORTANCIA DEL ESTUDIO**

La agricultura mexicana enfrenta numerosos problemas, tanto técnicos como socioeconómicos que limitan su capacidad productiva, por lo que resulta indispensable la búsqueda de alternativas de producción viables que permitan hacer de ella una actividad eficiente y rentable.

La implementación de estas alternativas no debe ocasionar la degradación de los recursos suelo y agua, sino más bien conducirnos a su restauración con el propósito de lograr una productividad sostenida.

El panorama para México es similar, se estima que el 80% de la superficie del país se encuentra afectada por erosión en algún grado (DGCSyA, 1982). Por otra parte, el incremento acelerado de la población demanda una mayor producción de alimentos y hace necesaria una innovación tecnológica que nos permita un aumento en la productividad.

Esta necesidad ha conducido a una agricultura moderna e intensiva, cuyas implicaciones son el uso de grandes cantidades de energía, de tal manera que la eficiencia agrícola, definida como una relación calórica de entradas/salidas, va progresivamente disminuyendo hasta niveles incosteables económicamente como consecuencia del incremento de la degradación de la tierra, la mayor necesidad de labranza en los suelos, así como al uso en grandes cantidades de fertilizantes, la inversión en obras de irrigación en terrenos agrícolas y la utilización indiscriminada de pesticidas.

Una consecuencia inevitable del uso intensivo de la tierra es la contaminación del agua, suelo y ambientes naturales. De hecho, aun cuando el uso de fertilizantes químicos, herbicidas y pesticidas ha incrementado la producción agrícola, también ha aumentado el riesgo de contaminación.

La causa original de la problemática antes mencionada está estrechamente relacionada con el mal manejo del suelo y las prácticas agrícolas inapropiadas. Dentro de esta se incluye al uso de labranza excesiva para formar camas de siembra limpias y finamente preparadas, el monocultivo, la reducción en la frecuencia y duración en el periodo de descanso, y el uso indiscriminado de productos químicos (Lal, 1989). Muchas de estas prácticas producen un incremento en el rendimiento inmediatamente después de aplicarlas, pe<sup>1</sup> pueden ser contraproducentes en el mediano y largo plazo.

La región del Bajío se caracteriza por los altos rendimientos de los cultivos comparado con otras regiones del país, debido a las características agroclimáticas y a los suelos de muy buena calidad. Sin embargo, los márgenes de utilidad cada día se reducen más por el deterioro de los recursos, los altos costos de producción y por el estancamiento de los precios.

El sistema de producción agrícola del Bajío se basa en la quema de los residuos del cultivo anterior y en el uso excesivo de maquinaria para la preparación de los suelos y el control químico descuidado de malezas. Este

sistema de manejo ha dado como resultado la degradación de los suelos, lo que se manifiesta en la pérdida del contenido de materia orgánica, el uso ineficiente del agua y la dependencia cada día mayor de insumos como fertilizantes y plaguicidas. Estos factores contribuyen al incremento de los costos de producción, consecuentemente reducen los márgenes de utilidad llegando a ser incosteable la actividad a pesar de los altos rendimientos.

Un aspecto importante de degradación de los recursos es la excesiva extracción de agua en el subsuelo para la producción agrícola, que está abatiendo los mantos acuíferos a una velocidad de 2 a 6 metros por año, por lo que es urgente aplicar medidas que permitan el uso eficiente de este recurso.

La Labranza de conservación es un nuevo esquema de producción de cultivos que se aparta radicalmente de los métodos tradicionales y que constituye una alternativa tecnológica que tiene como ventaja principal la conservación de los recursos productivos, especialmente la fertilidad del suelo y el uso eficiente del agua. Su objetivo principal es la producción sostenible a largo plazo que garantice la supervivencia de las futuras generaciones.

Los elementos principales de esta alternativa tecnológica son: La retención de residuos sobre la superficie del suelo formando una cobertura (mantillo), la remoción mínima del suelo y el uso racionalizado de los insumos; siendo la siembra directa con el 100% de cobertura, la máxima expresión de la labranza de conservación.

Así mismo, la labranza de conservación como componente integral de la Agricultura Sostenible, se basa en el uso de técnicas innovadoras de manejo del suelo y cultivo que nos permiten obtener una ganancia satisfactoria, optimizar el uso de recursos y preservar un balance adecuado entre el recurso suelo, la producción de alimentos, la población y el ambiente.

En los últimos años en México, la labranza de conservación ha tomado especial relevancia, estimándose en 1996 una superficie establecida del orden de 450 mil hectáreas, y en 1997 se tuvo una estimación de 500 mil hectáreas, que se ubicaron principalmente en los estados de Guanajuato, Jalisco, Michoacán, Chiapas, y Tamaulipas (FIRA, 1997b y 1998). La institución líder en la promoción y transferencia de la labranza de conservación es FIRA (Fideicomisos Instituidos en Relación a la Agricultura) desde la década de 1980

ha impulsado la adopción de la Labranza de Conservación en México, para lograrlo se ha diseñado e implementado un programa de transferencia tecnológica cuya función básica es la capacitación y demostración de alternativas tecnológicas rentables y conservacionistas (tal como la labranza de conservación).

## **1.2 ANTECEDENTES**

3

### 1.2.1 Historia de la labranza de conservación en el mundo

El hombre inicio la agricultura desde el momento en que fue capaz de sembrar una semilla y reproducirla, este fue un momento histórico que permitió que el ser humano dejara de ser nómada, pues la producción de sus alimentos aseguraba su subsistencia en una vida sedentaria (Crovetto, 1992).

Los españoles introdujeron a América el machete y el azadón, herramientas que permitieron mejorar el sistema de control de maleza que hasta entonces, se arrancaba manualmente. En muchas regiones de México, América Central y en partes de América del Sur, los campesinos tradicionales siguen usando el azadón y el machete, como única forma de preparar el terreno para la siembra.

Simplemente cortan la vegetación al ras del suelo, la dejan hilerada o desparramada para sembrar maíz, sembrando con espeque o coa (palo aguzado de madera) a través del mantillo.

La cama de semilla preparada con esta herramienta, consiste en un agujero de 10 a 15 cm de profundidad. Una vez depositada la semilla en el hoyo, esta se tapa con un poco de tierra o se deja al descubierto, actuando la cavidad como una pequeña cámara húmeda de germinación.

Antes de la invención del arado, la preparación del suelo se limitaba a moverlo con algún implemento manual de piedra o de madera y a arrancar a mano las malezas que crecían junto a las plantas de interés económico. Con el paso el tiempo el hombre fue buscando la manera de facilitar el trabajo que implicaba la producción de las plantas, hasta llegar a inventar el arado. Se cree que fueron los egipcios quienes inventaron el arado de madera, que consistía en un palo en forma de gancho, arrastrado por un buey, dando origen a la agricultura con energía extra humana (Kocher, 1989a).

Desde la invención del arado, se ha justificado la preparación del suelo con base en una serie de razones no del todo comprobadas científicamente, lo que motivo a Edward Foulkner a publicar en 1943, en los Estados Unidos de Norteamérica su libro titulado "Plowman`s Folly" (Locura del arador), en el cual afirmo que nunca nadie ha presentado una razón científica que justifique arar el suelo (FIRA, 1996a).

A pesar de su antigüedad, el arado sigue utilizándose en gran parte del mundo<sup>4</sup> y constituye el orgullo y símbolo de trabajo de muchos agricultores. Esto explica porque se siguen arando los suelos, aun a pesar del grave deterioro que esto ocasiona (Crovetto, 1992).

La introducción en América de animales de tiro, implementos de metal y arado de madera, incremento la capacidad del hombre para producir maíz y otros alimentos, sin embargo, pasaron casi 300 años, hasta que en Estados Unidos, Thomas Jefferson desarrolla la fórmula matemática que dio origen al arado de vertedera, que fue patentado en 1776 por Newbold y en 1837, John Deere lo perfecciono e inicio su producción a nivel comercial.

El arado de vertedera ha sido utilizado para controlar la maleza, incorporar fertilizantes y preparar la cama de siembra.

La introducción de la energía de vapor a los tractores en 1868 y de la energía del petróleo a comienzos del siglo XX representó una evolución gradual del arado y de otros implementos tanto en complejidad como en tamaño. Actualmente se utilizan tractores de más de 300 HP.

La labranza cero con bases científicas, como alternativa a la labranza convencional, nació en la década de los 40`s con el descubrimiento del 2,4D y otros herbicidas hormonales, que permitieron a los agricultores controlar las malezas de hoja ancha sin recurrir a cultivadoras o al azadón. El descubrimiento de la atrazina a fines de la década de los 50`s y de los herbicidas de contacto en la década de los 60`s ampliaron la base química de la agricultura de la labranza de conservación y produjeron oportunidades de estudio y desarrollo únicos en la historia de la labranza (FIRA, 1996a).

Hoy en día millones de hectáreas se siembran en el mundo bajo el sistema de labranza de conservación. La evolución de la labranza de conservación o siembra directa en los diferentes países ha sido diferente, dependiendo de las condiciones y de los incentivos y programas de los gobiernos locales.

A nivel mundial se estima que se siembran cerca de 100 millones de has con Labranza de Conservación, destacando países como EUA, Brasil, Argentina, Canadá, Australia, India y China con el 96% de la superficie con Labranza de Conservación en el mundo. México ni siquiera aparece en las estadísticas, aunque se realizan esfuerzos por promover la labranza de conservación desde hace más de 30 años ha sido difícil revertir las estrategias y políticas empleadas en el país para promover la modernización de la producción agrícola nacional, basadas en la mecanización y el uso de agroquímicos.

Cuadro 1.- Superficie sembrada con Labranza de conservación a nivel mundial.

País	Hectáreas
------	-----------

E.U.A	25 000 000
Brasil	24 000 000
Argentina	18 000 000
Canadá	13 000 000
Australia	9 000 000
India	4 000 000
China	1 000 000
Otros	6 000 000
Total	100 000 000

FUENTE: FAO, 2006 Agricultura 21.

### 1.2.2 Historia de la Labranza de Conservación en México

Labranza de Conservación es una práctica tan antigua como la misma agricultura, ha sido y continúa siendo parte de algunos sistemas tradicionales y tomado además, un lugar preponderante en la agricultura moderna. Dos conceptos fundamentales definen la labranza de conservación: el primero es provocar el mínimo disturbio posible al suelo y nunca invertirlo y el segundo es conservar el suelo permanentemente cubierto, utilizando residuos de los cultivos. Esta comprobado que ambas operaciones ayudan a la conservación del suelo y del agua en beneficio de la producción presente y futura.

6

Una vez que la revolución verde alcanzo su clímax en la década de los setenta, se comenzó a prender el foco rojo del deterioro ambiental acelerado en todo el mundo; por supuesto, que no todo el daño ambiental provenía de la agricultura de altos insumos, también la agricultura de subsistencia, la ganadería, la deforestación y otras actividades habían contribuido. Esto hizo que los objetivos tuvieran que ser cambiados, la productividad máxima posible fue condicionada a la conservación de los recursos naturales. La labranza de conservación fue revaluada como una de las puertas de acceso a la producción sostenible y se intensificó la investigación y su adopción extensiva.

Los primeros trabajos científicos en labranza de conservación que se hicieron en México se establecieron en 1975 por el Centro Internacional de

Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT), en el estado de Veracruz (Kocher et al, 1983). Los resultados obtenidos justificaron el establecimiento de centenares de experimentos en esta región, lo que permitió generar una enorme cantidad de información científica que fue utilizada para la capacitación de centenares de técnicos en labranza cero.

Durante el periodo 1979-1984, los Fideicomisos Instituidos en Relación a la Agricultura (FIRA), enviaron a 18 técnicos al CIMMYT para capacitarse en el manejo de labranza cero (FIRA, 1996a). Posteriormente en el lapso 1987-1989, el FIRA realizó 15 cursos a nivel regional, y al término de dichos eventos, se realizó un curso para formación de instructores en labranza de conservación a nivel nacional. En estos cursos se adiestraron a 636 participantes; de estos, 214 fueron técnicos de FIRA, 170 técnicos asesores que participaban en el Programa de Asesores Externos del FIRA, 76 técnicos de la banca privada, 67 de otras instituciones y 109 productores.

Hasta 1986 todo era capacitación y adiestramiento, pero faltaba incursionar en el terreno práctico. Así que en 1987, en el estado de Jalisco, se establecieron las primeras siembras de maíz de temporal en labranza de conservación a nivel de predio, utilizando el prototipo de sembradoras de labranza cero fabricada en Tulancingo, Hgo. (FIRA, 1996a).

Una de las principales limitantes para la adopción de la tecnología era la necesidad de una sembradora especializada para la siembra directa sobre <sup>7</sup>... residuos. Esta no existía en México, por lo que se tuvo la necesidad de importarla de nuestro vecino país del Norte. Fue así como en 1988, en el Bajío (Centro de Desarrollo Tecnológico Villadiego) y en otras partes de la República se establecieron las primeras parcelas comerciales con la siembra de labranza de conservación.

Los primeros resultados no fueron muy satisfactorios debido a la inexperiencia en el manejo de la tecnológica, sin embargo, generaron valiosos conocimientos que permitieron conocer el sistema y que hoy en día es parte de la experiencia que FIRA ha utilizado para lograr la adopción del sistema en 498 mil ha establecidas en 1997 a nivel nacional (FIRA, 1998).

La evolución de la labranza de conservación en México, desafortunadamente es pobre comparada con el potencial que se tiene en cuanto a superficie y sobre todo porque un alto porcentaje de esa superficie requiere de sistemas de conservación de suelos y de manejo eficiente de agua.

El impacto en el ámbito nacional, al 2000 la superficie establecida, se resume en un estimado de 850,000ha (Estimación de las oficinas de FIRA) distribuidas en diferentes entidades federativas, así como la venta de alrededor de 4,000 sembradoras especializadas, 80% de ellas de fabricación nacional. El impacto en otros beneficios son difíciles de cuantificar como la reducción de la erosión, el incremento de la materia orgánica, ahorro en costos y combustible, etc.

Actualmente en México existe una gran diversidad de maquinaria especializada para la siembra directa, ya sea de origen nacional o de importación. Estas últimas se cotizan en dólares americanos, lo que significa un alto costo por el tipo de cambio, por lo que la mayoría de los productores no tienen acceso a ellas, muy a pesar de que son más precisas y con ellas se logra una siembra excelente tanto en densidad de población como en distribución.

El futuro de este sistema en México es prometedor, seguramente el esfuerzo conjunto y coordinado de las instituciones, organismos privados y sobre todo de los productores, hará que en poco tiempo se sume a la derecha un dígito más a la superficie actual en labranza de conservación.

8

### 1.2.3 Antecedentes del Centro de Desarrollo Tecnológico "Villadiego" FIRA

El centro de Desarrollo Tecnológico "Villadiego", pertenece a los Fideicomisos Instituidos en Relación a la Agricultura (FIRA), y fue creado en 1972 con el objetivo de promover y demostrar la producción de leche y cría de becerras a bajo costo en condiciones de pastoreo, siendo esta su línea de trabajo hasta 1985, año en que se cambió hacia la línea agrícola.

De 1985 a 1987, se establecieron cultivos de sorgo y maíz en forma convencional y en 1988 se iniciaron los primeros trabajos en labranza de

conservación, tomando en cuenta el interés institucional en promover y difundir el uso de esta tecnología.

Las actividades del Centro de Desarrollo Tecnológico "Villadiego" se han venido delineando y afinando cada vez más, siendo su actual enfoque la transferencia de tecnología en labranza de conservación a través de la capacitación a técnicos que se desempeñaban como asesores de productores, como un servicio complementario a los financiamientos que reciben del FIRA.

Para lograr lo anterior, se ofrece un curso denominado "Formación de Asesores", el cual tiene una duración de dos meses. El objetivo principal es adiestrar y entrenar a los participantes en la elaboración de diagnósticos agronómicos y la programación de una asesoría técnica enfocada a la reducción o eliminación de los factores limitantes de la producción detectados en el diagnóstico. Parte importante del contenido del curso es la capacitación en aspectos prácticos en la implementación de la labranza de conservación; así como la obtención de los elementos que les permita implementar la tecnología en las diferentes condiciones en donde les toque prestar sus servicios de asesoría.

Además se imparten cursos cortos con temas específicos como Control de Malezas, Nutrición Balanceada e Interpretación de Análisis de Suelos. Parte importante en la promoción de esta tecnología se realiza en las demostraciones de campo y talleres internacionales que han permitido el intercambio de experiencias entre productores y técnicos que han incursionado en esta tecnología.

El Centro de Desarrollo Tecnológico "Villadiego" hoy en día se ha posicionado como el principal promotor y capacitador en la tecnología de labranza de conservación a nivel nacional gracias a la experiencia ganada en este terreno y a la aplicación práctica a nivel comercial por los productores, que asesorados por los técnicos egresados de los cursos de formación de asesores se han convencido de las bondades de la tecnología.

### **1.3 OBJETIVOS**

10

- Evaluar la producción de maíz para efficientizar el uso de agua mediante la aplicación de un sistema de riego por goteo y rodado bajo condiciones de labranza de conservación (L-C).
- Comparar las propiedades físicas y químicas del suelo mediante dos sistemas de riego bajo labranza de conservación (L-C).

## **1.4 HIPOTESIS**

- La labranza de conservación en combinación con el sistema de riego por goteo genera mejor rendimiento en el cultivo de maíz comparado con un sistema de riego rodado.
- La labranza de conservación en combinación con el sistema de riego por goteo ayuda a tener mejoras en algunas características del suelo.
- La labranza de conservación es una labranza que promueve la compactación.

## **CAPITULO II**

### **2. REVISION DE LITERATURA**

11

#### **2.1 DEFINICIÓN DE LABRANZA**

Se refiere a cualquier manipulación mecánica del suelo que altera la estructura o resistencia del mismo con el objetivo de proporcionar y mantener en el suelo las condiciones óptimas para la germinación y desarrollo de las plantas. (Figuerola y Morales, 1992).

Al parecer, el objetivo inicial de la labranza de los suelos es preparar una cama de siembra adecuada para la germinación del cultivo. Braunack y Dexter (1989) la han definido como aquella capa de suelo que ha sido laboreada para producir una condición que promueva la germinación, emergencia y

crecimiento de las plántulas, por lo que sería más adecuado denominarla cama de siembra y de raíces.

La labranza es la parte integral del proceso de producción agrícola y normalmente se logra removiendo el suelo con algún implemento hasta dejarlo mullido, par que la semilla pueda germinar y las raíces obtengan los nutrimentos necesarios agua y aire para su crecimiento; su efecto benéfico o perjudicial depende de la clase del suelo, tipo de implementos o herramientas que se utilicen y además de la intensidad de uso, ya que si es excesivo puede nulificarse su bondad, por lo que es de gran importancia lograr una relación optima suelo-maquinaria.

## **2.2 LABRANZA DE SUELOS**

### **2.2.1 Labranza Primaria**

Aquella que remueve y mulle el suelo para reducir la compactación, y para enterrar o mezclar materia vegetal y fertilizantes en la capa laboreada. Esta operación es más agresiva y profunda y permite una mayor rugosidad superficial en comparación con la L- Secundaria.

### **2.2.2 Labranza Secundaria**

12

Esta operación remueve el suelo a una profundidad menor que la L-Primaria proporciona pulverización adicional y nivelación y elimina malezas. La preparación definitiva de la cama de siembra es la operación final de la Labranza Secundaria.

### **2.2.3 Operaciones de cultivo**

Es lo que se conoce como labranza de cultivo y corresponde a una labranza superficial de post-siembra cuyo propósito fundamental es ayudar al cultivo mediante el aflojamiento del suelo y/o erradicación mecánica de vegetación indeseable.

### **2.2.4 Labranza de post- cosecha**

Es aquella que se realiza después de la cosecha del cultivo y antes de la labranza primaria con la finalidad de incorporar o colocar los residuos en la superficie del suelo, conservar humedad, controlar malezas y/o plagas.

## **2.3 SISTEMAS DE LABRANZA**

La combinación de implementos de labranza y del tiempo de realización de las operaciones definen secuencias de labores que se conocen como sistemas de labranza.

### **2.3.1 Labranza Convencional o Tradicional**

Se refiere a la manera común de preparar el suelo que siguen la mayoría de los productores, y consiste en prácticas de laboreo como el barbecho, el rastreo, la nivelación, el surcado y la escarda.

La forma y la frecuencia de la aplicación de estas prácticas varían dependiendo del cultivo a establecer, del tipo de suelo y hasta de los usos y costumbres en cada región.

Estas múltiples operaciones son cada día más caras en función de los incrementos del costo del combustible, la maquinaria y el equipo empleado. La mayoría de los suelos trabajados quedan expuestos a la erosión hídrica y eólica, lo cual empeora sus condiciones físicas y su capacidad de producción.

Frecuentemente los suelos se compactan y se encostran debido al golpe <sup>13</sup> producido por las gotas de lluvia, afectando la emergencia de los cultivos y disminuyendo la capacidad de absorción de agua del suelo por las plantas.

Una de las características de este sistema de labranza es la nula o escasa acumulación de materia orgánica, ya que la mayor parte o el total de los residuos se retiran para la alimentación del ganado o simplemente se junta y se quema tal como es costumbre en la región del Bajío.

### **2.3.2 Labranza mínima**

En este método de labranza el suelo se moviliza al mínimo e incluye un número reducido de operaciones en el campo, las cuales son suficientes para obtener rendimientos aceptables.

Figuroa (1985) citado por Barrón (1987), conceptualiza a la labranza mínima, como la reducción de la manipulación del suelo a un mínimo que sea biológica, económica y tecnológicamente posible, en áreas agrícolas con condiciones específicas de suelo y clima.

### 2.3.3 Labranza cero o no labranza

Procedimiento mediante el cual, la siembra se hace directamente y esencialmente en camas de siembra no preparadas; no se realiza ninguna otra preparación del terreno.

### 2.3.4 Labranza optima

Es un sistema idealizado que permite un retorno de ganancia máxima para un cultivo dado bajo determinadas condiciones.

### 2.3.5 Labranza reducida

Sistema en el cual las operaciones de labranza primaria son modificadas conjuntamente con procedimientos especiales de siembra, de tal manera que se reducen o eliminan las operaciones de labranza secundaria.

### 2.3.6 Labranza en franjas

Sistema en el cual solamente son laboreadas franjas aisladas de suelo.

14

### 2.3.7 Labranza de Conservación

Mannering y Fenster (1983) mencionaron que existía confusión en relación al significado de "Labranza de Conservación". En efecto, varios autores utilizan indistintamente otros términos para hacer referencia a la labranza de conservación, tales como labranza mínima, labranza reducida, labranza de residuos, y no labranza, entre otros.

La Sociedad Americana de Conservación de Suelos definió a la Labranza de Conservación como "Cualquier sistema de labranza que reduce las pérdidas de suelo y agua en relación con la Labranza Convencional, y a menudo corresponde a una forma de labranza de no inversión que retiene cantidades protectivas de residuos sobre la superficie". Esta definición es muy amplia pero

deja claro, que para considerarse como labranza de conservación, requiere de una reducción en las pérdidas de suelo y agua comparado con la labranza tradicional. Así, cualquier sistema de los antes mencionados, y otros que existan, que cumplan con la condición anterior, puede considerarse como labranza de conservación.

Más específicamente, se puede considerar a la labranza de conservación como “Un sistema de labranza en el cual los residuos de cosecha son retenidos en o cerca de la superficie, y/o se mantiene una rugosidad superficial en el suelo con el objeto de controlar la erosión y lograr buenas relaciones suelo- agua” (Mannering y Fenster, 1983 et al., 1985).

Para propósitos de evaluación y operativos, la definición anterior ha sido modificada para especificar precisamente la cantidad cubierta de residuos en la superficie (CTIC, 1984). Así quedo establecido en el límite de 30% de cubierta de residuos sobre la superficie para diferenciar los sistemas de labranza de conservación de otros tipos, ya que con esta cantidad se logra una reducción del 50% de la erosión del suelo en relación a la erosión de un suelo sin cubierta de residuos. La rugosidad superficial no fue especificada en la definición operacional de labranza de conservación.

Los anteriores conceptos despejan las dudas en relación a la definición <sup>15</sup> labranza de conservación. Podemos generalizar ahora diciendo que cualquier sistema de labranza que deje en el suelo una cobertura de al menos 30% de residuos después de la siembra, se puede considerar como labranza de conservación (LC).

## **2.4 EL SISTEMA DE LABRANZA DE CONSERVACION**

Los requerimientos para que un sistema de labranza quede definido como de conservación ya han quedado establecidos, y se ha declarado que el aspecto clave y definitivo para su denominación son los residuos de cosecha, por lo que en este sistema de laboreo y siembra es fundamental el buen manejo de los mismos.

Tipos de labranza de conservación de amplio uso en Estados Unidos

#### 2.4.1 No Labranza

No se disturba el suelo antes de la siembra, porque esta se realiza en una cama de semilla no mayor de 7 cm de ancho. El control de malezas se realiza principalmente con herbicidas.

#### 2.4.2 Labranza en Camellones

Deja al suelo sin disturbio hasta antes de la siembra. Se laboreo aproximadamente un tercio de la superficie del terreno en el momento de la siembra utilizando escardillas o removedores de residuos. La siembra se hace en bordos o camellones con altura de entre 10 y 15 cm por sobre la parte media de los surcos. El control de malezas se hace con una combinación de escardas y herbicidas. Las labores de cultivo se utilizan para reconstruir los bordos.

#### 2.4.3 Labranza en Franjas

El suelo se deja sin labrear hasta antes de la siembra. Al momento de <sup>16</sup> siembra, se disturba aproximadamente un tercio de la superficie utilizando un azadón rotatorio, con un cincel en el surco de siembra o una escardilla. El control de malezas se realiza mediante una combinación de escardas y herbicidas.

#### 2.4.4 Labranza de Coberteras

Se laboreo la superficie total del suelo antes de la siembra. Se utilizan cinceles con puntas en V del tipo pata de ganso (cincel de azadas). El control de malezas se realiza combinando herbicidas y escardas que permitan mover el suelo sin disturbar el residuo en demasía.

## 2.5 IMPORTANCIA DEL MANTILLO

Es el residuo vegetal de la cosecha manejado superficialmente durante el siguiente cultivo y que es la esencia del sistema para mejorar las propiedades físicas del suelo y conservar la humedad. Prácticamente le da el apellido a la labranza cero.

El correcto y eficiente manejo del mantillo incide esencialmente en la estructura del suelo y su estabilidad en tiempo y espacio y de esta propiedad física depende:

- La relación hídrica suelo-planta
- La captación, almacenamiento y disponibilidad de agua.
- La aireación y flujo de gases
- El encostramiento superficial
- La infiltración y permeabilidad
- El escurrimiento y la erosión
- La evaporación y temperatura
- La penetración y proliferación radicular
- El drenaje
- La lixiviación de nutrientes, etc.

17

El excesivo manejo del suelo afectan negativamente los suelos, en algunos más que otros, dependiendo de la capacidad de agregación, en la cual influye entre otras cosas la cantidad y tipo de arcilla y el contenido de materia orgánica.

La labranza excesiva propicia la oxidación de la materia orgánica, dispersión de agregados, la pérdida de la estructuración y porosidad, la compactación, la erosión hídrica y eólica.

## **2.6 EFECTO DE LAS REACCIONES DEL SUELO DEBIDO A LA PRESENCIA DE MANTILLO**

### **2.6.1 Infiltración**

Que es la cantidad y velocidad con la que penetra el agua en un suelo, dependiendo ello del contenido inicial del agua del tiempo transcurrido después de la lluvia o riego, de la conductividad hidráulica, de la presencia de zonas compactadas y de las condiciones superficiales.

La presencia del mantillo disminuye el escurrimiento superficial, evita el encostramiento y propicia la existencia de una mayor y mejor macroporosidad, de ahí que ayude a una mayor captación y una mejor infiltración.

### **2.6.2 Almacenamiento**

Es muy importante la cantidad de agua que un suelo balanceado (sólidos, líquidos y gases) pueda almacenar. Pero agronómicamente es más importante que esta salga a través del proceso de evapotranspiración y no que se pierda por evaporación directa. En este proceso es vital la presencia de la cobertura vegetal o mantillo.

### **2.6.3 Evaporación directa de agua en el suelo**

Sintetizada como la pérdida inútil de agua que ya se encontraba almacenada <sup>18</sup>  
Esta evaporación depende de: A) La cobertura superficial del suelo, B) El suministro constante de calor sobre la superficie C) Humedad del aire D) contenido de agua y su constante ascenso.

### **2.6.4 Erosión**

La pérdida de suelo por arrastre hídrico o eólico. El mantillo es efectivo contra la erosión, reduciéndola considerablemente.

### **2.6.5 Materia orgánica**

Vital como almacenadora de nutrientes y el sistema de labranza cero de conservación permite la incorporación paulatina, primero la integración del

sistema radicular y después cada una de las capas horizontales que están en contacto con la humedad.

#### 2.6.6 Temperatura del suelo

En un suelo desnudo la insolación evapora rápidamente los primeros centímetros superficiales del suelo propiciando un espesor o colchón aislante que se vuelve costra y propicia muerte de las semillas que en ese espesor no pueden germinar y pérdidas de plantas que son incapaces de romper dicha costra para su emergencia.

Lo anterior no se da cuando el suelo tiene mantillo, ya que todo el perfil, tendrá humedad no se encostra ni se sobrecalienta la superficie y además permite la absorción de nutrientes desde el primer centímetro superficial del suelo.

El mantillo favorece la infiltración, incrementa el almacenamiento de agua, evita la evaporación directa, disminuye la erosión hídrica y eólica, eficientiza la incorporación de materia orgánica, no permite el encostramiento del suelo y permite al cultivo tomar nutrientes desde el primer centímetro superficial del suelo.

## 2.7 COMPACTACIÓN DEL SUELO

### 2.7.1 Origen de la compactación del suelo

19

La compactación del suelo es de gran importancia debido a que va a provocar alteraciones en su interior afectando a sus propiedades (Handen, 2003), y consecuentemente restringiendo el área de captación de agua y nutrientes de las raíces (Defosse et al., 2002).

El problema se origina en la energía transmitida al suelo por el uso de pesados implementos de labranza, el tránsito de vehículos equipados con neumáticos con una levada presión de inflado y ancho reducido y por el sobre pastoreo de la ganadería (González Sánchez, 2003; Van Dijck y Van Asch, 2002).

La compactación del suelo por debajo de la profundidad normal de labranza es de una creciente importancia, debido a sus efectos detrimentales consecuentes

y persistentes (Blake et al., 1976; Voorhees et al., 1986) sobre el rendimiento de los cultivos (Gaultney et al., 1982).

Las causas de la compactación comprenden factores naturales y antròpicos entre los que se pueden mencionar: la compresión de partículas durante los procesos pedogenéticos, la contracción natural durante el humedecimiento-secado, las labranzas continuas que afectan la matriz del suelo (Botta y Dagostino, 2001; Hamza y Anderson, 2005).

Entre los procesos físicos que causan el deterioro del suelo se encuentra la pérdida de la estructura derivada del excesivo laboreo del suelo y el tránsito de maquinaria, así como del pisoteo de los animales en los pastizales y agostaderos sometidos al sobrepastoreo

(Leiva 1998) Señala que el resultado final de la destrucción de la estructura del suelo por el excesivo laboreo, conjuntamente con el tránsito de la maquinaria y el sobrepastoreo, es la compactación de los horizontes superficiales del suelo, así como la formación de capas compactadas o pisos de arado esto es coincidente con las investigaciones (Lal., 2000; Botta et al, 2003).

La compactación del suelo representa un problema para el manejo de cultivos y suelos en agricultura en todo el mundo (Aragón et al., 2000). Las fuerzas que provocan compactación tienen su origen en las herramientas de labranza y las presiones de los tractores e implementos de arrastre (Canillas et al., 2002; Defossez and Richard, 2002; Van Dijck and Van Asch, 2002).

La compactación de un suelo agrícola va a provocar alteraciones en buena parte del ambiente físico en el cual se desarrolla el cultivo; reduciendo los rendimientos y el uso eficiente del agua asociado a la demora en extraer agua del suelo en profundidad (Defossez and Richard, 2002; Radford et al., 2001).

Así, como las labranzas permiten disminuir la compactación superficial, al menos temporalmente, los efectos que producen son variados y se ven reflejados en las características del suelo, la infiltración del agua y su posterior acumulación. La resistencia a la penetración es un parámetro adecuado para la caracterización del efecto producido por las labranzas, su disminución favorece el crecimiento radicular y por lo tanto el volumen mayor del suelo explorado

implica una mayor disponibilidad de agua y nutrientes para el desarrollo de las especies (Hakansson et al., 1987).

### 2.7.2 Problemas que ocasiona la compactación

Según Ramírez (2000), señala que la compactación de los suelos es la pérdida del espacio poroso producida por fuerzas externas que actúan sobre su superficie y es asociado con la presencia de capas de baja aireación y alta densidad aparente o, por fenómenos de endurecimiento y acumulación de arcilla, los cuales corresponden a procesos genéticos – evolutivos o simplemente, son el resultado del mal manejo de los suelos, repercutiendo en las propiedades físicas y en la profundidad efectiva radical del suelo.

La compactación del suelo disminuye la aireación del mismo (el intercambio gaseoso), dificulta el crecimiento radicular, disminuye la infiltración así como también promueve la erosión hídrica debido a que favorece la escorrentía superficial (McGarry, 2001).

Los efectos de compactación del suelo sobre los cultivos y sobre las propiedades edáficas, son complejas (Batey, 1990) por lo que es necesario definir parámetros para su caracterización, siendo los más difundidos <sup>21</sup> densidad aparente y la resistencia a la penetración (fuerza del suelo).

Debido a que no siempre la compactación del suelo tiene efectos negativos, se ha definido un nivel de compactación tal (denominado umbral crítico) por encima de la cual se presentan problemas para la producción. Este umbral varía dependiendo del tipo de suelo y el sistema de producción y, su conocimiento es importante para definir prácticas de manejo a los fines de no superarlo.

La compactación del suelo corresponde a la pérdida de volumen que experimenta una determinada masa de suelo, debido a fuerzas externas que actúan sobre él. Estas fuerzas externas en la actividad agrícola tienen su origen principalmente:

- Implementos de labranza.
- Cargas producidas por los neumáticos de tractores e implementos de arrastre.
- Pisoteo de animales (Agroinformación 2000).

Breland y Hansen (1996) mencionan que la compactación disminuye el volumen de poros totales y produce cambios en la distribución del tamaño de los mismos, ocasionando un mayor porcentaje de poros pequeños.

## **2.8 EFECTOS DE LA COMPACTACIÓN EN LOS SUELOS AGRÍCOLAS**

Según (Botta, G. Dagostino, 2001), la compactación del suelo produce un aumento en densidad aparente, aumenta la resistencia mecánica, destruye y debilita su estructuración. Los efectos que la compactación produce, se traduce en un menor desarrollo del sistema radical de las plantas y, por lo tanto, un menor desarrollo de las plantas en su conjunto, lo que redundará en una menor producción.

### 2.8.1 Aumento de la resistencia mecánica del suelo

22

El aumento de la resistencia mecánica del suelo va a restringir el crecimiento de las raíces a espacios de menor resistencia, tales como los que se ubican entre las estructuras (terrones), en cavidades formadas por la fauna del suelo (lombrices) y en espacios que se producen por la descomposición de restos orgánicos gruesos (raíces muertas). Esta situación va a producir un patrón de crecimiento característico de raíces aplanadas, ubicadas en fisuras del suelo, con una escasa exploración del volumen total del suelo.

### 2.8.2 Disminución de la macroporosidad del suelo

La disminución de la macroporosidad del suelo va a producir una baja capacidad de aireación y oxigenación del suelo, lo que va a producir una disminución de la actividad de las raíces, y consecuentemente, un menor crecimiento de éstas, un menor volumen de suelo explorado y una menor absorción de agua y nutrientes. Este efecto se agrava cuando se riega en forma excesiva, llegando a producirse la muerte de las raíces por asfixia. Esto debido a que los escasos macroporos que pueden airear al suelo van a permanecer llenos de agua en una gran parte del tiempo.

[http://www.abcagro.com/riego/compactacion\\_suelos.asp](http://www.abcagro.com/riego/compactacion_suelos.asp)

### 2.8.3 Dificultad para la penetración de raíces

Tras la nascencia de la planta, es necesario que se produzca un intenso desarrollo de su sistema radicular para que pueda iniciar la absorción de agua y nutrientes. En ocasiones se produce la muerte de una plantación o un lento desarrollo de la misma sin causa explicable aparente, la razón suele ser, en la mayoría de los casos, una grave dificultad en el desarrollo radicular.(Infoagro, 2002).

## 2.9 PROPIEDADES FÍSICAS DEL SUELO

La física de los suelos es una de las ramas de la Ciencia del suelo que tiene <sup>23</sup> mayor aplicación práctica potencial en apoyo a la producción agrícola y, sin embargo, es una disciplina poco entendida y manejada en la agricultura, por lo que se encuentra una gran diversidad de problemas físicos que limitan fuertemente la productividad agrícola en la mayor parte del territorio nacional (Narro, 1990).

Al comportamiento mecánico de la masa total del suelo es a lo que se le da el nombre de características y propiedades físicas de los suelos; las características son aquellas cualidades de un suelo que no cambian apreciablemente en un periodo corto de tiempo; color, textura, densidad real.

Las propiedades son aquellas que varían constantemente y sobre las que se manifiesta la acción de los seres vivos y los elementos; la estructura, la consistencia, la densidad aparente, la resistencia a la penetración o compactación, el espacio poroso total (CENAMAR) 1981.

Aún cuando el suelo es un cuerpo absolutamente dinámico y en constante cambio, el tamaño y proporción de las partículas minerales individuales que lo forman no se altera apreciablemente a través de periodos de 50 años; y como no puede alterarse fácilmente se considera a la textura una característica básica del suelo que puede emplearse para pronosticar algunas propiedades químicas como el intercambio catiónico, por ciento de saturación de bases, y en algunas físicas, como retención de humedad, infiltración, resistencia a la penetración o compactación (CENAMAR, 1981).

La naturaleza del suelo está determinada no solo por las propiedades de sus componentes individuales, sino por las relaciones que existen entre ellos. Algunas de estas relaciones son fundamentales para entender el comportamiento del suelo (CENAMAR, 1981).

Los cambios en la estructura y en la compactación del suelo están en función del tiempo, existen cambios estacionales y permanentes como consecuencia de las prácticas de laboreo del suelo, crecimiento de las plantas, irrigación, lluvia, prácticas de manejo y otras (Gavande, 1979).

La labranza constante disminuye la estabilidad estructural y aumenta la compactación que se origina por la aplicación de fuerzas de compresión <sup>24</sup> cortado de un suelo cohesivo y disminuye la razón de vacíos (porosidad) y aumenta el peso de sólidos por unidad de volumen (Baver et al, 1990).

## **2.10 CONDICIONES FÍSICAS DEL SUELO**

### **2.10.1 Estructura**

Los trabajos realizados en los últimos años, tanto en física como en biología de suelos, indican que mientras más pobre sea su estructura, mayor será el número de labores que deberá ser sometido. Pero se han encontrado que

mientras más se labra el suelo, mas mala se vuelve su estructura. Muchos suelos, se les da tiempo a la naturaleza, se sueltan en forma más eficiente que con las máquinas hechas por el hombre (Phillips et al, 1980).

Griffith et al (1986) mencionan que en investigación realizado en Indiana con cinceles, arado de vertedera y no labranza, la agregación en un periodo de cinco años se incrementó en un 25% para cinceles y 50% para labranza.

#### 2.10.2 Densidad Aparente

Blevins y Thomas (1980) mencionan que contrario a la opinión popular e tráfico continuo de maquinaria resulta en un incremento en la densidad aparente. Mannering y Kladvko (1980) indican que en las pruebas recientes a una profundidad de 0-4 pulgadas, la densidad aparente medida después de dos semanas de plantación fue de 1.79, 1.12 y 1.29 g/cm<sup>3</sup> respectivamente para tratamientos de arado, cinceles y no labranza.

#### 2.10.3 Humedad del suelo

La cantidad de humedad contenida en el suelo va a estar dada por la ganancia o pérdida de está por el suelo, involucrados en este proceso la evapotranspiración, la infiltración y el escurrimiento.

Phillips (1980) citado por Griffith et al estimo la evapotranspiración en suelos con labranza convencional y no labranza encontrando que la evaporación fue menor para la no labranza en maíz para cualquier mes durante cuatro años de estudio reduciéndose la evaporación anual en 15cm.

25

Mannering y Kladvko (1980) señalan que bajo condiciones de no labranza es común encontrar de 25 a 50 mm adicionales de agua para la planta y este gran almacenamiento es debido primeramente a la reducción de la evaporación de suelos con gran cobertura vegetal.

La siembra con cobertura vegetal para maíz tiene un decremento de cerca del 50% con la preparación de siembra normal.

Mannering et al (1966) en estudio realizado durante cinco años sobre los efectos de labranza encontró un 24% mayor y un 34% menor, en la infiltración

y pérdida de suelo respectivamente, bajo la labranza mínima comparado con la convencional.

Negi et al (1982) concluyeron de acuerdo a la investigación realizada sobre las características hidráulicas de la labranza convencional y no labranza lo siguiente:

- I. La tasa de cambio del contenido de agua en el suelo, la conductividad hidráulica y la tasa de extracción radicular es menor en terrenos con no labranza que en la convencional.
- II. La cantidad de agua aprovechable por las plantas a 30 cm bajo condiciones climáticas en que se desarrollo el experimento fue dos veces mayor en los suelos no labrados que en los labrados.

#### 2.10.4 Temperatura

Griffith et al (1983) en trabajo realizado para medir el efecto de la labranza en la temperatura del suelo, encontraron que todos los sistemas que presentaban mayor cobertura superficial tenían temperaturas más bajas.

Doyle Cook citado por Phillips y Young (1979) menciona que la existencia de una densa capa de pasto seco en la superficie del suelo permite mantener cierta cantidad de aire que el pasto no deja escapar. Este aire “muerto” en un aislante excelente. Como es de suponer, el pasto no permite que el suelo absorba todos los rayos solares produciéndose en consecuencia una menor temperatura durante el día. También el pasto y el aire “muerto” evitarán la pérdida de calor en la noche, produciendo temperaturas nocturnas mayores. <sup>26</sup> Se iniciase el crecimiento en la primavera.

Mannering y Kladvko (1980) en investigaciones realizadas muestran que la temperatura máxima diaria en la hilera de 10 cm de profundidad cultivado con maíz promedio de 4-5°C más fría bajo no labranza que bajo arado, cinceles y surcos, durante diez primeros meses después de la plantación.

## 2.11 EFECTO DE LA LABRANZA EN LAS PROPIEDADES DEL SUELO

Ante el rápido deterioro estructural de los suelos, en la actualidad, para que un sistema de producción de cultivos sea ampliamente aceptado debe de mantener la calidad física de los suelos, permitir el reciclaje de los nutrientes que son removidos o perdidos, y producir rendimientos iguales o mayores que los sistemas tradicionales en los cultivos (Blevins et al., 1983).

La Labranza de Conservación y la tradicional difieren principalmente en la presencia de residuos en la superficie y la manipulación mecánica del suelo, estas características tienen un efecto diferente en el ambiente del suelo, por lo que varias propiedades físicas, químicas y biológicas se alteran como consecuencia de esta modificación.

Algunas de las propiedades del suelo afectadas son: El movimiento y cantidad de agua en el suelo, la estructura del suelo, la cantidad y distribución de la materia orgánica, la actividad y población microbiana, el PH del suelo y la distribución y disponibilidad de nutrientes. El grado de cambio, tal como la explican Blevins et al., (1983) está determinado grandemente por la cantidad de residuos de cosecha producidos anualmente por el sistema, el grado de reducción en la labranza, y el tiempo durante el cual ha sido practicado el sistema de labranza.

Por lo anterior, es importante realizar una revisión comparativa de las propiedades físicas del suelo bajo los sistemas de labranza Tradicional y de Conservación.

## **2.12 EFECTO DE LA LABRANZA SOBRE LAS CONDICIONES FÍSICAS DEL SUELO.**

27

La influencia de la labranza sobre las propiedades físicas del suelo, puede ser benéfica o perjudicial dependiendo de las condiciones en que se encuentre este al momento de las labores.

### **2.12.1 Efecto sobre la textura**

La composición de las partículas mecánicas del suelo o textura, y la composición de los microagregados del mismo, son las características más

importantes en estudios del suelo tanto en condiciones de campo como en laboratorio.

La textura del suelo debe estudiarse en una relación estrecha con los horizontes genéticos del suelo y con el carácter de los depósitos geológicos. Según Kachinsky (1965) los elementos mecánicos del suelo son fragmentos de las rocas, de los minerales y de los componentes amorfos de este, y que todos los elementos en estas unidades tienen una correlación química.

### 2.12.2 Efecto sobre la agregación

Una buena agregación del suelo asegura un buen régimen de agua y aire, condiciones favorables para la actividad biológica en el suelo, que permiten una mayor asimilación de los fertilizantes orgánicos e inorgánicos. Los constituyentes que contribuyen a la formación de una estructura favorable del suelo son: a) los coloides del suelo de naturaleza orgánica e inorgánica b) las uniones de Fe, Al, Ca c) los productos de descomposición de la materia orgánica d) la influencia del humedecimiento y secado periódico del suelo.

Figuroa (1981) considera que la agregación en general es de gran significancia en la agricultura, y que en suelos secos la presencia de agregados formados como consecuencia del fenómeno de contracción puede no ser de relevancia práctica, indicando que lo más importante de los agregados es su resistencia al rehumedecimiento y su persistencia en el suelo. Así mismo señala que el espacio poroso estructural será de una naturaleza muy diferente cuando esos mismos agregados son disturbados por la labranza. 28

### 2.12.3 Efecto sobre la estructura

La agregación en general es de gran significancia en la agricultura, aunque en suelos secos la presencia de los agregados formados como consecuencia del fenómeno de contracción, puede no ser de relevancia práctica, lo que indica que lo más importante de los agregados, es su resistencia al rehumedecimiento y su persistencia en el suelo. Además el espacio poroso estructural será de

naturaleza diferente cuando esos mismos agregados sean perturbados por la labranza (Figueroa, 1981; citado por Zazueta, 1984).

En estudios realizados en el sur de Australia e Inglaterra, sobre la influencia de clima en suelos labrados y su efecto en la estabilidad de los agregados y consistencia de los terrones, se encontró que la labranza incremento la oscilación del contenido de humedad y redujo la consistencia de los terrones. A este decremento en la resistencia de los terrones le siguió un aumento en la fracción de agregados más pequeños, producidos por el paso de un segundo implemento (Utomo y Dexter, 1981).

#### 2.12.4 Efecto sobre la densidad aparente

La densidad aparente se considera como el peso o masa de suelo por volumen unitario, reportada comúnmente en  $\text{gr/cm}^3$  (Ortiz y Ortiz, 1988).

Griffith et al. (1977) mencionan que bajo el método de labranza cero aumenta la densidad aparente , aunque indican que este incremento es significativo solo si se hacen las mediciones después de sembrar, mas no si se hacen después de cosechar lo que es un indicio del efecto temporal de la labranza.

#### 2.12.5 Efecto sobre la infiltración del agua

29

El movimiento capilar del agua ocurre en respuesta a un gradiente de tensión. Entre más delgada sea la película de agua alrededor de las partículas del suelo y más pequeños los poros que están llenos de agua, mayor será la tensión de la humedad del suelo. Si hay un gradiente de tensión entre dos sitios el agua tendrá a moverse de la posición de baja tensión a la de alta tensión (movimiento capilar). El movimiento capilar es lento en suelos donde todos los poros son pequeños y es despreciable en suelos casi secos (Ortiz y Ortiz, 1988).

La velocidad de infiltración así como otras propiedades hidráulicas de los suelos, son afectadas por otras características o propiedades internas de los suelos, como la estructura, número y tamaño de poros, contenido de humedad, raíces en descomposición y la misma composición química del suelo. La infiltración decrece conforme avanza el ciclo vegetativo del cultivo, debido a un aumento en la microporosidad del suelo, presentándose esporádicamente, algunos aumentos de infiltración en ciertas etapas del desarrollo del cultivo (Ríos, 1984).

#### 2.12.6 Efecto sobre la compactación

Según Bowen (1981) la resistencia de un suelo a la compactación esta determinada por su fuerza mecánica, la cual consiste en dos componentes: fuerzas cohesivas y de fricción.

Los valores de estos dos componentes varían considerablemente dependiendo del contenido de humedad, distribución del tamaño de partículas, forma y rugosidad de las partículas, tamaño de los agregados, composición y concentración iónica de la solución del suelo, materia orgánica, tipo de material arcilloso y el historial previo al muestreo. Se pueden considerar como causantes de la compactación del suelo, a los siguientes aspectos:

- Consolidación natural durante el proceso de formación del suelo.
- Pisoteo por animales y el hombre.
- Contracción natural del suelo durante el secado.
- Repuesta del suelo a presiones y deformaciones impuestas por ruedas e implementos.
- Erosividad de la lluvia y riegos de aspersión o inundación.

30

La compactación del suelo provocada por el tráfico agrícola es aceptada comúnmente, como una de las causas de la reducción en la productividad de los cultivos debido al incremento en la variabilidad espacial del soporte, agua, nutrimentos y distribución radical y también debido al aumento de cambios

requeridos en la operaciones de campo, por el aumento de la resistencia mecánica (Hadas et al., 1986).

#### 2.12.7 Efecto sobre el régimen hídrico

Según Gaver et al. (1982) en la primavera la humedad es mayor en suelos sin labrar que en los trabajados tradicionalmente. Las diferencias son pequeñas en suelos franco-arenosos, especialmente cuando prevalecen condiciones de sequía, pero las diferencias aumentan en los suelos franco-arcillosos.

Los suelos de drenaje pobre son más susceptibles a la compactación y problemas estructurales y consecuentemente menos adecuados para la siembra bajo labranza cero, habiéndose observado en un estudio realizado en Escocia, sobre el uso y redistribución del agua en el cultivo de la cebada, que se sembró en suelos con y sin labranza, que la extracción de agua por la planta fue mayor en la capa superficial del suelo en el método de labranza que incluyó un barbecho, que en el de siembra bajo labranza cero, aunque a finales del ciclo la absorción del agua fue a la inversa (O` Sullivan, 1985).

## **2.13 EL CULTIVO DE MAIZ**

31

### 2.13.1 Importancia y caracterización del cultivo

El cultivo del maíz es uno de los más diversificados en el mundo y es utilizado tanto para la alimentación del ser humano como en la alimentación de los animales, el cultivo del maíz se encuentra a nivel mundial después de la producción de trigo y arroz.

El maíz es un grano preponderante en la vida económica y social de México ya que forman parte importante en nuestra dieta alimenticia.

El cultivo del maíz es muy importante en Guanajuato, ya que se siembran aproximadamente 120,000 ha bajo riego y 310,000 ha de temporal.

Durante el periodo 1996-2006 se produjo un promedio anual de 19.3 millones de toneladas de maíz, que incluye maíz blanco, amarillo y otros, con un valor promedio anual de 29,090 millones de pesos corrientes. La tasa media anual de crecimiento (TMAC) del volumen de producción fue equivalente a 2.0%; por régimen hídrico, ésta fue de 4.4% bajo condiciones de riego y de 0.4% en lo que toca al régimen de temporal.

El comportamiento del rendimiento alcanzado en el periodo de análisis fue positivo, ya que su TMAC fue de 3% en el año agrícola.

Lo anterior es resultado de la aplicación de las políticas agrícolas que el Gobierno Federal ha puesto en marcha desde 1994, que abarcan desde política de precios, apoyos a la producción y la comercialización, hasta acciones de investigación y desarrollo realizadas por el Centro Internacional de Mejoramiento del Maíz y Trigo (CIMMYT) y el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias (INIFAP). En resumen, se ha estimulado el cultivo del maíz y por ende, el incremento en la producción del mismo.

Guanajuato hace décadas que ha dejado de ser "El Granero de México", gran parte de esta realidad se debe a la restricción de agua para por parte de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), lo que ha generado que en la actualidad se siembre el 60 por ciento de la superficie asignada para esta actividad en Guanajuato, la cual es de 199 mil hectáreas.

Sin embargo y pese a la adversidad climatológica y sus consecuencias, como lo son la restricción de riegos de las presas debido a los compromi: 32  
contraídos con el Acuerdo de la Cuenca Lerma Chápala, el estado ha mantenido sus niveles de producción agrícola en la última década y es excedente en maíz, sorgo, trigo y cebada.

Pero las reducciones de superficies sembradas ha afectado gravemente a los productores de los Distritos de Riego 11 "Alto Río Lerma" y 85 "La Begoña", que en promedio sólo pueden establecer un 60 por ciento de la superficie total

de esas zonas productoras, con los consecuentes problemas sociales y económicos.

Los distritos de riego cubren el centro y sur estatal, 33 municipios, ya que en el norte -donde hay 13 municipios- la tendencia general es pecuaria y de cultivos destinados a forraje.

Por otra parte la escasez de alimentos básicos es motivo de gran preocupación actual. La FAO, en su perspectiva para el año 2030 estima que la producción de los mismos debe crecer al ritmo de años anteriores. En consecuencia, la productividad de los cultivos debe aumentar, y el riego habrá de seguir teniendo un papel fundamental. Ahora bien, su marco de actuación no será el mismo que en épocas pasadas. La escasez de agua, el respeto al medio natural y la sostenibilidad de los ecosistemas serán los condicionantes a que deberá ajustarse el riego del futuro, y será un reto en los próximos años el desarrollo de la tecnología para mejorar sistemas de riego y lograr la aplicación del agua con riegos más eficientes. La infraestructura de riego en el sector agrícola de Guanajuato es obsoleto y con poca o casi nula capacitación de parte de los operadores del riego, lo que hace que las eficiencias de riego parcelario sean muy bajas comparadas con los de los sistemas de riego presurizado.

#### 2.13.2 Diagnostico del cultivo

La producción de maíz en el año agrícola 2009 cayó 10 por ciento en comparación al ciclo anterior, al obtenerse 21.5 millones de toneladas.

Los ingresos de los productores también disminuyeron entre 13 y 29 por ciento según la región, ante los aumentos en costos de producción y reducción de <sup>33</sup> precios internacionales del grano, según análisis de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (Sagarpa) y de Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura (FIRA).

#### 2.13.3 Situación actual de la actividad

Para este año se prevé que los precios internacionales del grano sigan a la baja, por lo que la perspectiva de ingreso no es favorable para tres millones de pequeños y medianos productores, y será difícil para los agricultores comerciales, apuntaron integrantes de la Unión Nacional de Organizaciones Regionales Campesinas Autónomas. Persiste el riesgo de “continuar en caída libre” por la falta de incentivos para los más pequeños.

La reducción en la producción del grano no implicó un riesgo en la escasez de maíz para consumo humano, que fue de 17.5 millones de toneladas, aunque la demanda interna total se mantuvo en los 32 millones de toneladas, incluyendo el consumo pecuario, asentó SAGARPA.

Un 70 por ciento de la producción de maíz, blanco y amarillo, proviene del ciclo primavera-verano y los principales estados productores son Jalisco, Guanajuato y Chihuahua; el 30 por ciento restante se levanta en el ciclo otoño-invierno, en el cual es relevante la participación de Sinaloa y Tamaulipas.

Los precios del grano para la cosecha del PV 2010 vario desde los de 2 mil 500 pesos hasta 3 mil 00 pesos por tonelada de maíz blanco; con un aumento del 10 por ciento en comparación con el ciclo homólogo anterior.

#### 2.13.4 Situación actual de los niveles tecnológicos y productivos de la actividad en la región

El desarrollo tecnológico del cultivo de maíz de riego se ha mejorado en los últimos años, ya que se ha apoyado en el uso de semillas mejoradas y las altas densidades de siembra, han permitido incrementar los rendimientos de 4 a 8.5 Ton/Ha, y con el programa de mecanización se ha tecnificado la producción en las zonas de alto potencial productivo. Los agricultores de estas zonas son excedentarios y una gran parte de su producción la comercializan por 34 mismos, con intermediarios o proveedores de insumos.

Se han implementado diversos paquetes tecnológicos derivados de iniciativa privada y pública, mencionando la incorporación de sistemas sostenibles, como es el caso de la labranza de conservación, MIM, MIP, mejoramiento genético y uso de biofertilizantes; en donde el agricultor tiene acceso a esas tecnologías.

Dentro del manejo agronómico de maíz se pueden mencionar la utilización de los diferentes tipos de sistemas de riego que se manejan en la producción de maíz como paquetes productivos, siendo éstos el sistema de riego rodado, el sistema de riego por aspersión y el sistema de riego sub superficial. Muy de la mano esta el ritmo de absorción de materias minerales (fertilización), etc.

El número de variedades e híbridos formados por el Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) y los organismos que lo antecedieron, se concreta a 76 variedades y 80 híbridos, adaptados a diferentes regiones ecológicas del país y de acuerdo a los macro sistemas de producción. Además el INIFAP en estrecha relación con el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) liberó 20 híbridos y 6 variedades, material que en la actualidad se conoce como maíces de calidad proteínica (QPM). La contribución del mejoramiento genético de las empresas particulares, la mayoría multinacionales, se manifestó a partir de la década de los 70's, al grado que actualmente abastecen la mayor parte de la semilla híbrida del país.

Las investigaciones realizadas han llevado a límites de productividad del maíz cada vez más difíciles de superar, sobre todo en los casos extremos de disponibilidad de insumos. Un sistema tan complejo como el agrícola requiere de estrategias múltiples para ser verdaderamente eficiente y sostenible; se requiere de un nuevo potencial para generar las variedades resistentes a los factores bióticos y abióticos causantes de pérdidas y, es aprovechando el sinergismo entre la biotecnología, la inclusión de los marcadores genéticos y de la manipulación genética, en los planes estratégicos de mejoramiento genético del maíz como se puede resolver favorablemente su producción.

35

Un error en la aplicación de la tecnología, es no considerar la relación beneficio-costo, pues regularmente los paquetes tecnológicos existentes han sido diseñados para condiciones ideales, donde el factor agua no es limitante, y si la disponibilidad y distribución son las principales limitantes. Las variedades mejoradas han tenido un impacto desfavorable; disminuir su costo, permitirá competir satisfactoriamente con el valor comercial del grano a escala internacional. Se tienen avances en forma de variedades mejoradas, sintéticas

y de híbridos intervarietales que aún cuando no son los de mayor potencial productivo, aseguran un rendimiento suficientemente alto sin exponer al productor a los riesgos de una agricultura especializada.

#### 2.13.5 Situación del mercado del producto o productos que genera la actividad en la región

El mercado del maíz se encuentra determinado por un sin fin de variables que condicionan la producción y por lo tanto, el abastecimiento de su principal demanda, que en el caso de México es la dedicada al consumo humano directo. Aunado a lo anterior, se debe destacar la vulnerabilidad que genera la exposición a fenómenos meteorológicos, plagas, enfermedades, así como la rivalidad en el consumo por la incorporación de nuevos mercados procesadores de dicho grano.

El mercado de maíz blanco en México, como país tomador de precios, se encuentra condicionado por las oscilaciones en los precios del maíz amarillo de su principal socio comercial, los Estados Unidos. Dado que este último se encuentra en un proceso de industrialización del maíz para la producción de agrocombustibles a base de etanol, genera una mayor competencia en el consumo del grano lo que propicia un déficit de la oferta, incluso mundial, que conlleva al incremento de los precios normales del mismo, efecto que se transfiere a México por medio del comercio internacional y las fallas de mercado.

La producción del grano en México tiene dos variedades, la blanca y la amarilla. La primera es para el consumo humano y se estima que 36 autosuficiente en esa materia, mientras que la segunda variedad, que se destina para el consumo animal y a la industria de almidones y cereales, registra déficit en su producción. Sin embargo, hasta hace dos ciclos agrícolas, la producción de maíz blanco se destinaba al consumo humano, pero por el crecimiento del consumo pecuario, en el 2006 se destinó al consumo animal más de un millón de toneladas de esta variedad.

## 2.14 COMPONENTES DEL RENDIMIENTO

El rendimiento de grano debe interpretarse, según Poey (1978) de acuerdo a la eficiencia de procesos metabólicos que logren la máxima producción, translocación, y acumulación de sólidos en los granos con la mayor interacción posible con el medio ambiente.

Varias características de la planta se consideran determinantes en el rendimiento final del grano. Tanaka y Yamaguchi (1981) mencionan que para un rendimiento más alto de grano se debe de mantener un alto número de granos por unidad de área sembrada combinado con un alto índice de área foliar, para lo cual el porcentaje de plantas con mazorcas y número de granos por mazorca deberán ser altos en altas densidades de siembra.

Poey (1978) señala que el número y peso del grano y el número de mazorcas por planta son los componentes del rendimiento más importantes, donde el máximo rendimiento por hectárea dependerá de un peso óptimo de granos que puedan producirse por planta; el número de granos depende de la mazorca y se determina por el número de hileras y de granos en cada hilera, asimismo el número de mazorcas que produzca cada planta influirá también en el potencial número de granos por planta.

Otros autores como Molina en 1984 encontraron que el rendimiento de mazorca se correlaciona con alta significancia con el número de granos por hilera, diámetro de mazorca y profundidad de grano. Y también Villareal en 1986 encontró que la densidad de población afectó la longitud de mazorca y granos por hilera y la anchura del surco al número de granos, al trabajar con dos híbridos de maíz a dos diferentes densidades de siembra y distancia en los surcos.

Los componentes del rendimiento más importantes son:

1. No. de mazorcas por planta
2. Longitud de la mazorca
3. No. de hileras por mazorca

4. No. de granos por hilera
5. Diámetro de la mazorca
6. Diámetro del olote
7. Profundidad del grano
8. Ancho del grano
9. Peso de 100 semillas

La Fisiotecnia es considerada como el estudio y aprovechamiento para su estudio del funcionamiento y fenología de las plantas. Este no puede ser considerado como parte de análisis de crecimiento ni como un componente del rendimiento, sino como una herramienta de trabajo y creador de técnicas útiles a ambos.

## **2.15 SISTEMAS DE RIEGO**

### **2.15.1 Riego por Goteo**

El riego por goteo utilizado en el CDT Villadiego fue el sub-superficial, el cual ofrece las siguientes ventajas:

El riego subsuperficial, consiste básicamente en un sistema de filtros, tuberías principales, subprincipales y líneas regantes enterradas en el suelo, (de aquí el nombre de subsuperficial) éstas son parcialmente rígidas o flexibles también conocidas como "cintillas", colocadas a una profundidad en el suelo desde 0.05 a 0.5 m.

La cintillas llevan el agua hasta la superficie del cultivo y posteriormente es dosificada gota a gota en la zona radicular del cultivo mediante orificios regularmente espaciados de 20, 30 cm o mayores dependiendo del cultivo que se desee establecer. La ventaja de la cintilla o tubería enterrada es que en la superficie del suelo prácticamente no hay humedad, por lo que el proceso de evaporación directa del agua del suelo se ve disminuido hasta en un 30%.

Existen otras ventajas por el sistema, como es el ahorro de mano de obra, la aplicación de fertilizantes en el sistema, éstos pueden ser dosificados y aplicados de una manera correcta que evite la precipitación de agroquímicos a

las aguas subterráneas, esta característica lo hace ser un sistema de riego ecológicamente sustentable.

### 2.15.2 Riego Rodado

El CDT Villadiego utilizó el riego rodado, el cual ofrece las siguientes ventajas:

Un óptimo diseño de riego, debe ir acompañado de un buen sistema de conducción y aplicación del agua a nivel parcelario, en éstos tradicionalmente se utilizan sifones, lonas para formar la contra en el canal, y poder dar la carga para el sifón; en otros casos, el bordo del canal se abre empleando un azadón.

El uso de la tubería de compuertas, ofrece una alternativa ideal para eliminar la formación de canales, facilita la operación del riego, y compensa la carga con mayor facilidad; lo anterior, se traduce en la aplicación de riegos más uniformes, ahorro en el uso de la mano de obra y menos especializada.

Ventajas del uso de tubería de compuertas

- a) Uniformidad del riego
- b) Utilización de toda la superficie (eliminación de bordos melgueros)
- c) Ahorro en los tiempos de manejo del agua
- d) Ahorro en mano de obra (el mismo productor puede realizar esta labor sin descuidar otras)
- e) Control de las láminas de riego (se pueden aplicar de 5, 10, 15, 20 cm y más según sea el gasto por compuerta)

Con adecuado trazo de riego y el uso correcto de la tubería de compuertas para la conducción y aplicación del agua de riego a nivel parcelario, es factible reducir la lámina de riego total en un 25%, disminuir el uso de mano de obra, y los costos de preparación de canales en un 30%; además, se obtendrá una adecuada distribución de la humedad, con eficiencias de riego de 75 al 85%.

- El riego por surcos debe ser diseñado con una pendiente del terreno del 0.20%, esto significa bajar 20 cm por cada 100 m.

- El largo de los surcos se encuentra condicionado por el tipo de textura del suelo que se tenga, la pendiente y lámina de riego.
- La lámina de riego está en función de una serie de factores como son: cultivo, temperatura del aire, índice de evaporación, viento, humedad relativa; es decir, de la relación entre la planta y el clima.

## **CAPITULO III**

40

### **3. MATERIALES Y METODOS**

#### **3.1 Descripción del área de estudio**

El Estado de Guanajuato está localizado al oriente del Estado de Jalisco, al sur de los Estados de Zacatecas y de San Luis Potosí, al poniente del Estado de Querétaro y al norte del Estado de Michoacán.

Tiene una extensión territorial de 30,589 Km cuadrados. Por esta extensión ocupa el vigésimo segundo lugar entre las entidades del país.

El estado de Guanajuato cuenta con 46 municipios y cada uno de ellos tiene una localidad a la que se le denomina cabecera municipal donde se asienta el gobierno del municipio.



Figura 1. Ubicación Geográfica del Estado de Guanajuato

### 3.2 Localización

La ciudad de Valle de Santiago, está situada a los  $101^{\circ} 11' 21''$  de longitud <sup>41</sup> oeste del Meridiano de Greenwich y  $20^{\circ} 23' 31''$  de latitud norte. Se localiza a 1,720 metros sobre el nivel del mar.

Limita al oeste con Abasolo y Huimangillo; al norte con el municipio de Salamanca y Pueblo nuevo; al sureste con el de Jaral del progreso y al sur con el municipio de Yuriria. y Michoacán.

El Centro de Desarrollo Tecnológico Villadiego se encuentra ubicado en el kilómetro 7 carretera Valle de Santiago - Jaral del Progreso, a la izquierda 4 Km. por camino de terracería, municipio de Valle de Santiago, Guanajuato.



Figura 2. Localización del área de estudio

### 3.3 Extensión

Representa el 2.69 % del total de la superficie del Estado, o sea 815.52 kilómetros cuadrados.

### 3.4 Clima

Semicálido subhúmedo con intensas lluvias en verano, de humedad media. La temperatura promedio anual es de 19.8°C. La precipitación promedio total

anual es de 564.9 milímetros. La temperatura máxima que se ha registrado en este municipio es de 40°C, y la mínima de 0°C.

### **3.5 Principales ecosistemas**

#### **3.5.1 Flora**

El territorio municipal cuenta con bosques de encino, mezquite y selva baja caducifolia. Entre las especies forrajeras, se encuentra el zacatón, triguillo, lobero, navajita, liendrilla, mezquite, pata de gallo, de zorra, banderita y colorado. Otras especies son pingüica, sotol, nopal, huisache, gatuño, largoncillo, cuijote, tepehuaje, palo blanco, pochote, órgano, garambullo, tepame, vara dulce, casahuate y mezquite.

#### **3.5.2 Fauna**

La fauna que predomina está formada por roedores, como conejo, liebre, ardilla y tejón; aves, como codorniz, águila, halcón, zopilote, patos y gavián, herbívoros, como el venado y el ciervo.

### **3.6 Hidrología**

Al norte del municipio se localiza el río Lerma. Esta corriente tiene aquí su curso, desde Santa Rita hasta la ex hacienda del Pitahayo, en donde se interna al municipio de Salamanca. Tiene un desagüe a la laguna de Yuriria por el canal de Labradores. En el municipio hay otros arroyos importantes, tales como Las Cojas, Pueblo Nuevo, Jícamas, Martínez, La Torre, Salitrillo y Cañas.

### **3.7 Orografía**

En el municipio de Valle de Santiago se localiza un grupo de volcanes, que <sup>43</sup> compone de 13 cráteres, situados en una superficie de 14 kilómetros

cuadrados que comprende desde el cráter de Yuriria hasta el pie del cerro del Rincón. Las elevaciones más importantes del municipio son los cerros de: El Tule, El Picacho, El Varal, Cerro Blanco, La Batea, Los Cuates y el cerro Prieto; la altura promedio de estos cerros es de 2,100 metros sobre el nivel del mar. Hay otros cerros de menor altura, tales como El Borrego y Las Jícamas.

### **3.8 Clasificación y uso del suelo**

Por su origen los suelos de la región son de dos tipos: los derivados del aluvión y los desarrollados insitu (de basalto y andesita), se clasifican por el sistema FAO/UNESCO como Vertisol pelico y crómico (CETENAL, 1997).

Son suelos arcillosos que se expanden cuando se humedecen y se contraen cuando se secan, son profundos y ligeramente alcalinos con ph de 7.0 a 7.5.

Por la diversidad de las topoformas, estos vertisoles se encuentran asociados a otros tipos de suelo (Litosol, Faeozem háplico, Luvisol vèrtico y fèrrico y Gleysol mòlico). La distribución de estos suelos depende de varios factores, entre los que cabe mencionar la roca subyacente, el clima, la topografía y la vegetación.

El 70.95 % de la superficie del municipio está ocupado por tierras de cultivo; el 6.54% por pastizales; el 0.48% por bosques y el 22.03% por matorrales.

### **3.9 Características de los materiales empleados**

#### **3.9.1 Variedades y requerimientos del cultivo del maíz**

Como material se utilizaron dos híbridos, el NKNM1078 y el QPM (producida en INIFAP Bajío). Con respecto al testigo el híbrido utilizado para la siembra fue NOVASEN NB9.

Con una densidad de siembra de 90,000 semillas por hectárea y con una fertilización total NPK de 214-15-24.

Cuadro 2. Características generales del híbrido NKNM1078

<b>Cruza</b>	Triple
<b>Grano</b>	Blanco Puro semicristalino
<b>Ciclo</b>	Intermedio – tardío
<b>Días a floración al 50%</b>	68 a 70 días
<b>Días a cosecha</b>	165 días
<b>Altura de la mazorca</b>	140 a 150 cm
<b>Altura de la planta promedio</b>	300 a 310 cm
<b>No. de hileras en mazorca</b>	14 a 16
<b>Fortaleza en tallos</b>	8*
<b>Cobertura de mazorca</b>	8*
<b>Tolerancia a enfermedades</b>	Roya 8* Carbón 8* Fusarium 8*
<b>Fechas de siembra</b>	15 de abril al 30 de Mayo
<b>Densidad de población</b>	85, 000 plantas/ha
<b>Zonas donde se recomienda</b>	Querétaro, Guanajuato, Michoacán
<b>Rango de adaptación</b>	1000 a 1800 MSNM
<b>Modalidad</b>	Riego y Punta de riego
<b>Propósito</b>	Silo y Grano
<b>Paquete Syngenta</b>	Cruiser, Force, Lumax, Callisto gold, Denim, Karate Z, Quilt.

\*1: No tolera

Muy importante realizar fertilización en base a análisis de suelo y monitoreo del aprovechamiento de los nutrientes, realizando análisis foliares.

Cuadro 3. Características generales del híbrido NOVASEM (NB9)

<b>Uso</b>	Grano
<b>Ciclo</b>	Intermedio
<b>Tipo de cruza</b>	Triple
<b>Días a floración</b>	De 78 a 82 días
<b>Días aprox. Cosecha de grano</b>	De 180 a 185 días
<b>Altura de la planta</b>	De 2.60 a 2.80 mts
<b>Altura de la mazorca/Elote</b>	De 1.30 a 1.60 mts
<b>Vigor de emergencia</b>	Excelente
<b>Vigor de arraigo</b>	Excelente
<b>Desarrollo inicial</b>	Rápido
<b>Tolerancia a estrés</b>	Excelente
<b>Stay Green</b>	Muy marcado
<b>Características generales del grano</b>	
<b>Tipo de mazorca</b>	Cilíndrica
<b>Tipo de grano</b>	Semicristalino
<b>Relación grano - olote</b>	88% - 14%
<b>No. de carreras/Mazorca</b>	18 – 18
<b>Color del grano</b>	Blanco

Cuadro 4. Características del híbrido QPM (INIFAP BAJIO)

<b>Uso</b>	Grano
<b>Grano</b>	Blanco, amarillo
<b>Ciclo</b>	Tardío
<b>Tipo de cruza</b>	Simple, trilineal y varietal
<b>Propósito</b>	Silo y Grano
<b>Rango de adaptación</b>	1600 MSNM
<b>Zonas productoras</b>	Guanajuato, Guerrero, Michoacán, Morelos, Yucatán, Tamaulipas, Nuevo León, Puebla.

### 3.10 Maquinaria e implementos en el proceso productivo

- Cultivadora de precisión neumática

Esta es utilizada en el proceso productivo únicamente para remarcar los surcos de los lotes después de la trilla de dicho cultivo establecido.

- Sembradora de precisión neumática (MOD.LC-2006 DHI-N)

Siembra a doble hilo (cama de siembra 1.60 m)

Surcos angostos (75-80 cm)

- Tractor John Deere 2755 (80 caballos de fuerza)

Este fue indispensable para el manejo de los equipos durante el ciclo productivo del cultivo.

- Aspersora (SWIX MEEX)

Dicho equipo fue necesario para la aplicación de insecticidas, herbicidas foliares con el fin de tener un mejor control y manejo del cultivo.

Además para el manejo del rastrojo se utilizó el esparcidor, rastrillo y la empacadora.

### 3.11 Descripción de los tratamientos en el cultivo de Maíz

Cuadro 5.- Características de los tratamientos

Tratamiento	Híbrido	Densidad de siembra Semillas/ha	Fecha de siembra	Fertilización	Tipo de riego
1	NKNM1078	90000	28-04-10	350 kg MEZCLA 20-12-06	RODADO
2	QPM	90000	30-04-10	250 kg de composta 160 kg de KCL 250 kg de TRIPLE 15 kg de SILICIO	GOTEO
3	NKNM1078	90000	04-05-10	350 kg MEZCLA 20-12-06	GOTEO
4	NKNM1078	90000	04-05-10	350 kg MEZCLA 20-12-06	GOTEO
5	QPM	90000	06-05-10	250 kg de composta 160 kg de KCL 250 kg de TRIPLE 15 kg de SILICIO	RODADO
<b>TESTIGO</b>	NOVASEM	90000	06-05-10	350 Kg de MEZCLA 20-12-06	RODADO

Todos los tratamientos se evaluaron bajo el sistema de Labranza de Conservación, al igual que al testigo.



## Modelo estadístico

Cada observación del experimento es expresada mediante una ecuación lineal en los parámetros, el conjunto conforma el modelo para el diseño de bloques completos al azar:

$$Y_{ij} = \mu + \beta_j + \tau_i + \varepsilon_{ij} \quad \begin{array}{l} i=1\dots,b \\ j=1\dots,t \end{array}$$

$\mu$  = Parámetro, verdadero efecto medio

$\tau_i$  = Parámetro, verdadero efecto del  $i$ -ésimo bloque

$\beta_j$  = Parámetro, verdadero efecto del  $j$ -ésimo bloque

$\varepsilon_{ij}$  = Verdadero efecto de la unidad experimental en el  $i$ -ésimo bloque que está sujeta al  $j$ -ésimo tratamiento.

$Y_{ij}$  = Observación en la unidad experimental

El análisis estadístico se efectuó con el software de la Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL) para la comparación de medias se utilizó el (DMS), diferencia mínima significativa.(0.05, 0.01).

### 3.13 Parámetros de evaluación

Para el análisis e interpretación fue necesario evaluar cada parámetro a través de un método.

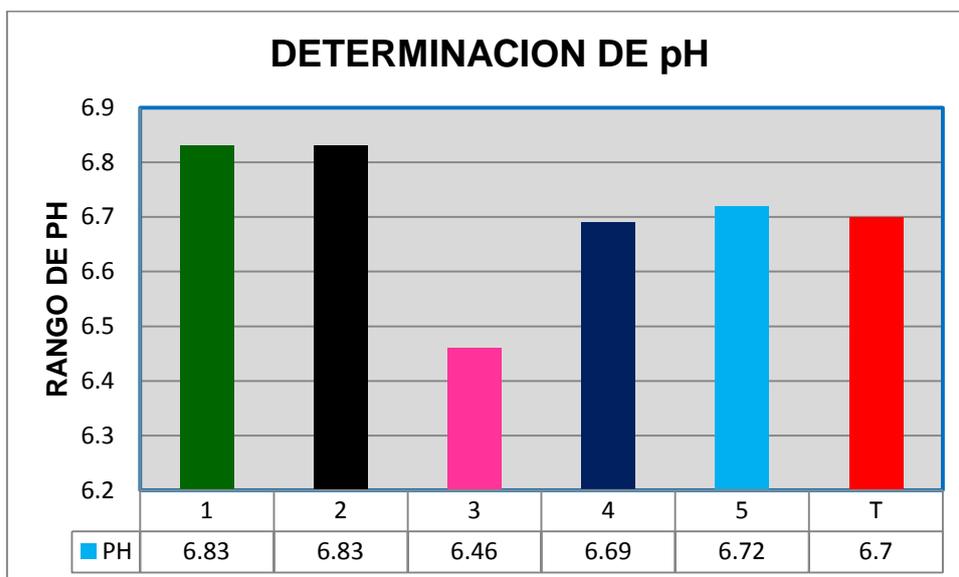
1. Muestreo de suelos (Zig - Zag)
2. Determinación de Materia Orgánica: Método de Walkley y Black
3. Determinación de Conductividad Eléctrica: Conductivímetro
4. Determinación de PH: Potenciómetro
5. Determinación de Textura: Hidrómetro de Bouyoucos
6. Determinación de la Da: Método de la Probeta
7. Determinación de Dureza: Penetrometro

## **CAPITULO IV**

### **4. RESULTADOS Y DISCUSION**

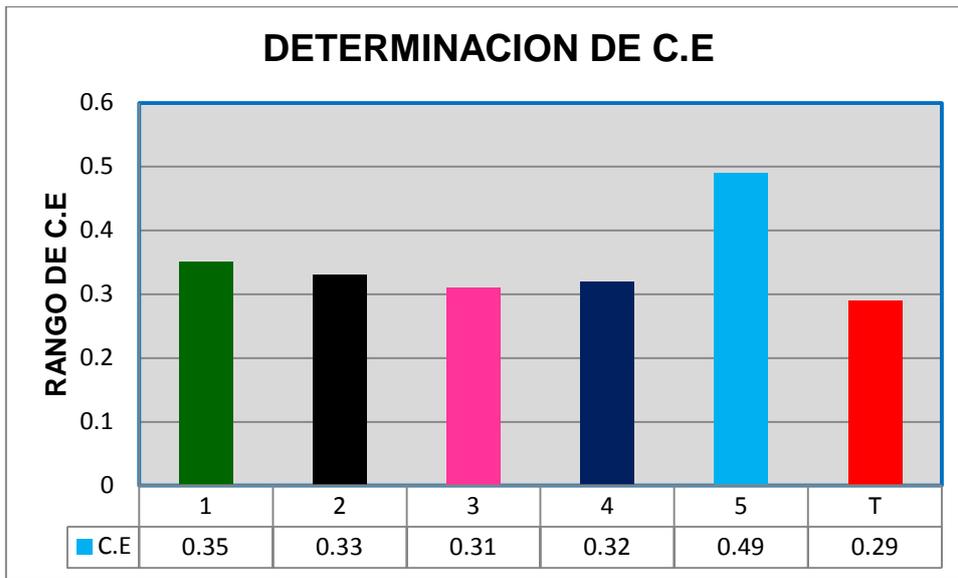
## Características del suelo

Figura 4. Determinación de pH



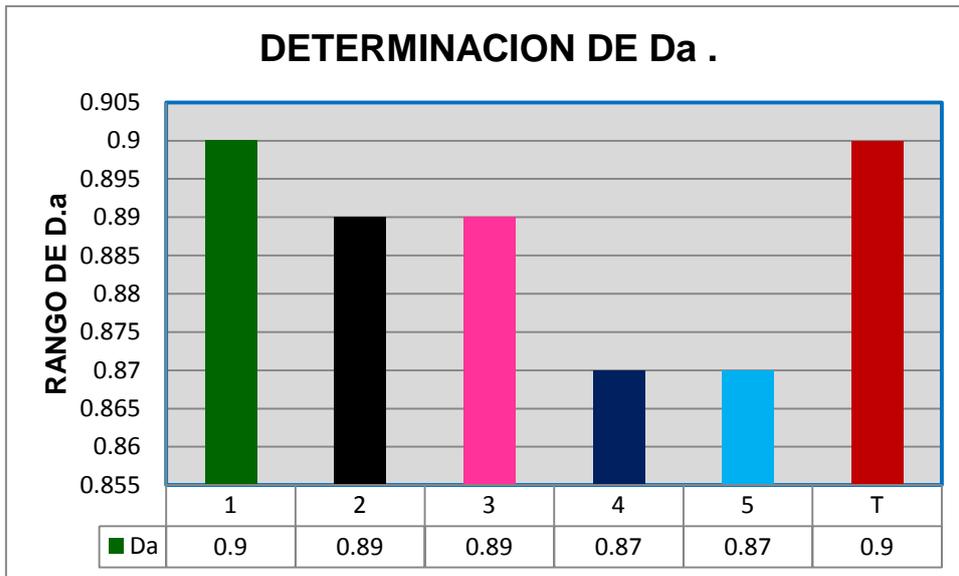
Como se observa en la figura los Tratamientos al igual que el testigo presentan un pH Neutro a excepción del T3 que es Medianamente ácido. Según Bratos, *etal.*, (1986) considera que la neutralidad es la condición óptima para el desarrollo de la mayoría de los cultivos y para la asimilación de la mayoría de los nutrientes. De acuerdo a los requerimientos edafológicos del maíz se deduce que el Ph idóneo del cultivo oscila entre 5.5 – 7.5 ya que con este valor la cantidad de nutrientes presentes en el suelo son más fácilmente asimilables.

Figura 5. Determinación de C.E.



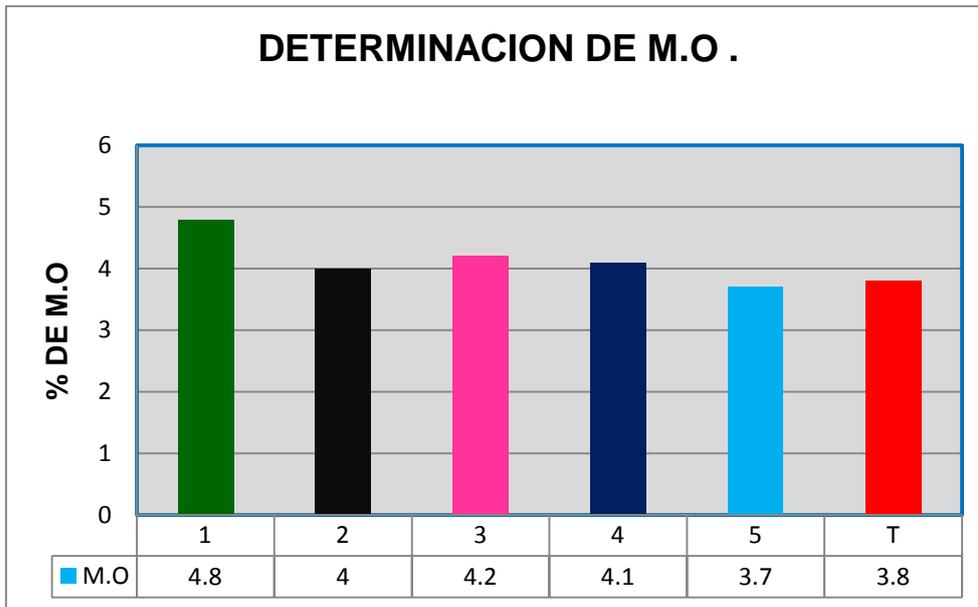
En el T1 y T5 presentaron una conductividad Ligeramente salina a diferencia del Testigo y los Tratamientos 2, 3, 4 que resultaron No Salinos. Cabe señalar que dichos Tratamientos poseen Textura arcillosa, por lo tanto son más difíciles de lavar ya que presentan una baja permeabilidad. No obstante el sistema de Labranza de Conservación contribuye a que exista una mayor retención de humedad que genere al suelo menor perdida por evapotranspiración.

Figura 6. Determinación de Da.



La densidad aparente es equivalente al peso del suelo sobre el volumen del mismo, es decir, se refiere al espacio poroso presente en el suelo; por lo tanto existe una relación directa entre la textura, todos los Tratamientos presentan textura arcillosa por consiguiente los datos muestran una variación mínima (0.87-0.90 gr/cm<sup>3</sup>), debido a que en este tipo de suelos los microporos tienen la capacidad de retener el agua, parte de la cual la ponen a disposición de la planta, a diferencia del Testigo con una textura Arcillo- arenosa que no retiene el agua y es responsable del drenaje y aereacion del suelo constituyendo el principal espacio para el desarrollo de raíces.

Figura 7. Determinación de M.O.



Los valores obtenidos reflejan un alto contenido de materia orgánica, esto es debido al sistema de Labranza de Conservación aplicado a los tratamientos. Estos suelos poseen textura arcillosa por lo tanto necesitan mantener niveles altos de Materia orgánica con la finalidad de favorecer la aereacion y aumentar la capacidad de retención de agua para evitar la evapotranspiración; disminuye la compactación del suelo.

El pH influye en el nivel de Materia orgánica, de forma indirecta ya que a mayor contenido de Materia orgánica habrá mayor actividad microbiana y el proceso de mineralización se acelera.

Hubo diferencia altamente significativa entre tratamientos para la variable de rendimiento, por lo que se considera que los resultados del análisis de varianza para estas variables son más confiables utilizando un diseño Bloques completos al azar. (Ver cuadro 5.)

Cuadro 6. Análisis de varianza para el rendimiento en el cultivo de Maíz

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>P&gt;F</b>
TRATAMIENTO	5	203.752441	40.750488	556380.0000	0.000**
BLOQUE	3	29.999268	9.999756	136530.0000	0.000**
ERROR	15	0.001099	0.000073		
TOTAL	23	233.752808			

Si P>F > 0.05 NS (No Significativo)

\* Si P>F ≤ 0.05 pero >0.01 (Significativo)

\*\* Si P>F ≤ 0.01 (Altamente significativo)

**C.V= 0.11%**

### **TABLA DE MEDIAS (DMS)**

Nivel de significancia 0.05 DMS= 0.0129

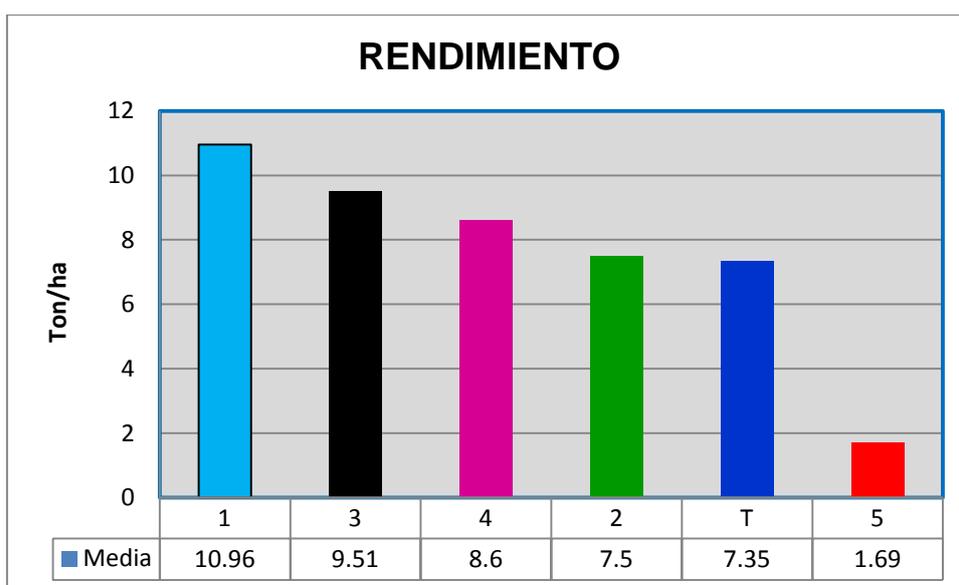
Nivel de significancia 0.01 DMS= 0.0178

Cuadro 7. Tabla de medias (DMS)

TRATAMIENTO	MEDIA
1	10.9600 A
3	9.5100 B
4	8.6000 C
2	7.5000 D
6T	7.3500 E
5	1.6900 F

Al realizar el DMS en la tabla de medias en comparación con el Testigo cuyo rendimiento fue de 7.3500 ton/ha muestra diferencias entre tratamientos, ya que el T1, T2, T3 y T4 superan al Testigo en comparación del T5.

Figura 8. Rendimiento en el cultivo de Maíz



En dicha figura se muestra que el T1 supera en valor de rendimiento a los demás tratamientos, aunado el Testigo.

Comparando los 5 tratamientos se afirma que el T1 fue en el que se registraron mayores rendimientos, a este resultado se le atribuye el alto contenido de Materia orgánica presente (4.8%), permitiendo el proceso de aereación y una menor compactación y tomando en cuenta que este posee un pH neutro; que dicha neutralidad se considera como el factor óptimo para el desarrollo del cultivo, la disponibilidad y asimilación de la mayoría de nutrientes presentes en el suelo. Así mismo presenta ligera salinidad en respuesta por el cultivo que se estableció en el ciclo anterior y la aplicación de cal al suelo, manejado por un sistema de riego Rodado que permite el lavado de sales con mayor facilidad, a excepción del Riego por Goteo donde este no permite dicha actividad sino facilita la acumulación de las mismas.

El T5 que fue el que obtuvo un menor rendimiento y menor contenido de Materia Orgánica comparado con los demás tratamientos y el Testigo, al igual presenta ligera salinidad ambos establecidos bajo un sistema de riego Rodado.

De acuerdo a los resultados mostrados en la (Figura.8) se considera que el factor limitante para un alto o bajo rendimiento fue la Materia Orgánica comparado con las demás características del suelo habiendo similitud entre las mismas y entre tratamientos.

## **CAPITULO V**

### **5. CONCLUSIONES**

En base a los resultados se concluye:

- La labranza de conservación en combinación con un sistema de riego por goteo, no genera mejor rendimiento en el cultivo de maíz ya que el manejo de dichos residuos requiere mayor cantidad de humedad para el proceso de descomposición, y este no se complementa a través del riego por goteo debido a que no se puede utilizar para el lavado de suelos, aunado a eso la textura arcillosa que presenta el suelo se le atribuye muy baja permeabilidad, factor que a su vez también lo hace tener menor capacidad de asimilación de nutrientes.
- La labranza de conservación en combinación con el sistema de riego por goteo obtuvo respuesta favorable y mejoró algunas características del suelo, ya que la densidad aparente del mismo disminuye y la permeabilidad aumenta; por lo tanto no tendrá problemas de compactación, el contenido de materia orgánica incrementa permitiendo mayor retención de humedad y menos pérdida por evapotranspiración, debido a que no hay escorrentía, de igual manera existe un ahorro en el uso de agua ya que bajo este sistema solo le permite al cultivo disponer de lo necesario.
- La labranza de Conservación No es una labranza que promueva la compactación ya que es un sistema de producción cuyo principio básico es la no remoción del suelo, (sembrar sobre residuos de cosecha del cultivo precedente, es decir, sin preparación previa del suelo, ni labores mecanizadas sobre el ciclo del cultivo), manteniendo una cubierta de mantillo (rastros) en la superficie y promoviendo la rotación de cultivos. Los beneficios que promueve este sistema son: Menos pérdidas contra la erosión, aumento de la infiltración y conservación del agua en el suelo, evita pérdidas por evapotranspiración, aumentando el contenido de materia orgánica y microorganismos presentes en el suelo, dicho

factor se le atribuye el incremento de la productividad y la reducción en costos de producción.

- En la comparación de propiedades físicas y químicas del suelo se considera que el factor limitante para un alto o bajo rendimiento en este caso de Maíz fue el contenido de Materia Orgánica, favorecido a su vez el tipo de textura Arcillosa, ya que se considera fuente de reserva y asimilación de nutrientes. A diferencia de las demás características esta permite aereación al suelo y la flora microbiana se ve en aumento debido a la neutralidad que posee el mismo.
- Al realizar el análisis de Varianza con respecto al rendimiento del cultivo se encontró diferencia altamente significativa entre tratamientos, debido a que en los Sistemas de Riego, el que favoreció para un alto y óptimo rendimiento de Maíz fue el Riego Rodado ya que permite mayor cantidad de agua y el lavado de sales en el suelo; a diferencia del Riego por Goteo, así mismo la presencia de una ligera salinidad puede estar dada por el ciclo anterior del cultivo y la aplicación de cal.

## LITERATURA CITADA

- Aguilera Contreras Mauricio Y Martínez Elizondo René. 1986. Tercera Edición. Relaciones Agua, Suelo, Planta, Atmosfera. Departamento de Enseñanza Investigación y Servicio en Irrigación. Universidad Autónoma de Chapingo, México.
- Blevins, R.L. and G.W. Thomas. 1980. Soil Adaptability for No-Tillage. In. No Tillage Research: Research, Reports and Reviews. University of Kentucky. Chapter II: 6-23.
- Bratos Jesús et al., 1986. Análisis de suelos. Curso para el S. P. Y D. A. De Burgos. Pág. 181.
- Crovetto Carlos. 1995. Labranza de Conservación. 4º Foro Internacional Memorias. (La Cero Labranza de Conservación, Los Rastrojos y la Fertilidad en los Suelos, No Labrar el suelo, Porque el Cambio, El Trigo para el Hombre, La Paja para el Suelo). Fundo Chequen, Florida, Chile.
- Grageda Grageda José. 1992. Efecto de la Labranza y Nitrógeno sobre Algunas Condiciones Físicas del Suelo y Abatimiento de Costos de Producción de Forraje en Maíz y Sorgo. Instituto de Enseñanza e Investigación en Ciencias Agrícolas. Centro de Edafología Montecillo, México.
- Griffith D.R., J.V. Mannering and J.E. Box. 1986. Soil and Moisture Management with Reduced Tillage. In No-Tillage and Surface Tillage Agriculture: The Tillage Revolution. Ed. John Wilry and Sons, Inc.
- INIFAP (Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas y Pecuarias). 1997. Avances de la Investigación en Labranza de Conservación 1. Secretar 61

de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural. Centro Nacional de Investigación para Producción Sostenible. Álvaro Obregón, Michoacán, México.

Kocher F., A.D. Violiè y A.F. Palmer. 1983. Sistemas de labranza de Conservación y el Agua en el Suelo. Simposium "La sequia y su Impacto en la Agricultura". Universidad Autónoma de Chapingo. 21-22 Noviembre.

Mannering, J.V., L.D. Myer and C.B. Johnson. 1966. Infiltration and Erosion as affected by Minimum Tillage for corn. Soil Sci. Amer. Proc. Vol. 30:101-105.

Mannering, J.V. and E.J. Kladvko. 1980. Effects of Conservation Tillage on Soil Properties. Agronomy: Crops and Soils Notes. No. 406. Purdue University - USDA.

Martínez Ruiz Artemio. 1999. Principios y Práctica de la Labranza de Conservación para la Región del Bajío de México. Chapingo, México.

Moya Camarena Alfredo. 1998. El cultivo de Maíz sembrado bajo el sistema de Labranza de Conservación. Tesis profesional para obtener el Título de Ingeniero Agrónomo en Administración Agropecuaria. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Unidad Saltillo, Coahuila.

Muños Renteria Javier. 1999. Cero Labranza. Monografía obtener Título de Ingeniero Agrónomo en Suelos. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Unidad Saltillo, Coahuila.

Negi, S.C., G.S.V. Raghavan and F. Taylor. 1982. Hydraulic Characteristic of Conventionally and Zero- Tilled field plots. Soil Tillage Res. Vol. 2: 281-292.

Ostle Bernardo 1965. Estadística aplicada. Técnicas de la estadística moderna, cuando y donde aplicarlas. Editorial Limusa S.A. Arcos de Belén 75, México 1, D.F. Cuarta impresión 1974, Pág.629 (400-404).

Phillips, R.E.; R.L. Blevins; G.W. Grant Thomas, W.W. Frye and S.H. Phillips. 1980. No-Tillage Agriculture. Science. Vol. 208 (6): 1168-1173.

Phillips, S.H. y H.M. Young. 1979. Agricultura sin Laboreo. Labranza Cero. Ed. Hemisferio Sur. 224 Pág.

Ventura Ramos Eusebio Jr. 1992. Efecto de la Labranza en la Estructura del Suelo y su Relación con el Crecimiento, Desarrollo y Rendimiento del Sorgo en Guanajuato. Colegio de postgraduados. Instituto de Enseñanza e Investigación en Ciencias Agrícolas. Centro de Edafología Montecillo, México.

Zazueta Zazueta Guadalupe. 1984. Influencia de los Sistemas de Labranza y Obras de Conservación en la Productividad de los Suelos. Institución de Enseñanza o investigación en Ciencias agrícola. Centro de Edafología Chapingo, México.

## PAGINAS WEB

[http://www.abcagro.com/riego/compactacion\\_suelos.asp](http://www.abcagro.com/riego/compactacion_suelos.asp)

Consultada el 20 de octubre 2010

[www.campomexicano.gob.mx/portal\\_siap/.../maiz96-10.pdf](http://www.campomexicano.gob.mx/portal_siap/.../maiz96-10.pdf)

Consultada en 04 de noviembre 2010

[www.novasem.com.mx](http://www.novasem.com.mx)

Consultada el 02 de diciembre 2010

[www.syngenta.com.mx/semillas1.aspx](http://www.syngenta.com.mx/semillas1.aspx)

Consultada el 02 de diciembre 2010

[apps.cimmyt.org/spanish/wps/mexico/mexicocimmyt.htm](http://apps.cimmyt.org/spanish/wps/mexico/mexicocimmyt.htm)

Consultada el 02 de diciembre 2010

## APENDICE

### MUESTREO DE SUELO

#### *METODO DE ZIG-ZAG*

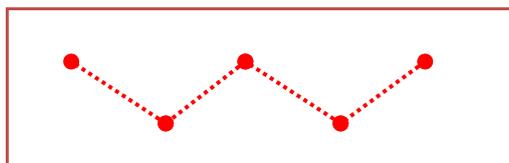
Herramientas utilizadas para el muestreo

Para facilitar la toma de cada sub-muestra y el manejo de las mismas, se utilizaron los siguientes materiales:

#### **MATERIALES**

- Croquis del lugar
- Barreno
- Cuchillo
- Bolsas plásticas limpias
- Marcadores
- Etiquetas para identificar las muestras

El método de muestreo que se utilizó en este caso fue en forma de zig-zag.



El punto indica el sitio donde deberá tomarse la muestra

## MÉTODO

- Una vez que se definieron los límites de cada parcela se procedió a tomar las submuestras. Para ello se hizo un recorrido sobre el terreno en zig-zag, tomando 5 submuestras por parcela.
- En cada sitio de muestreo se removió plantas, basura, malezas y hojarasca de la superficie del punto donde se tomó cada sub-muestra y luego se introdujo el barreno a una profundidad de 30 cm, transfiriendo la muestra de suelo a la bolsa de plástico y etiquetando cada una con el número de lote y el de la muestra.
- Las herramientas se limpiaron después de tomar cada submuestra.
- Las sub-muestras se colocaron en charolas de plástico a temperatura ambiente y no expuesta al sol para eliminar piedras, raíces gruesas, lombrices, insectos y basura del suelo; Las porciones del suelo se desmenuzaron con las manos.
- Una vez que se tiene la muestra de suelo se procede a su secado durante 1 a 2 días, ya seca la muestra de suelo se deshizo los terrones con el martillo de goma, y se colocó el suelo en la malla (2mm) para ser tamizado y tener la cantidad de suelo completamente mullida.
- Terminado este proceso se mezcla bien el suelo colectado hasta homogeneizarlo y de esta mezcla se obtendrá la muestra compuesta que es representativa de todo el lote.

## **DETERMINACION DE PH**

### *POTENCIOMETRO*

#### **OBJETIVO**

Determinar el valor de pH en las muestras de suelo

#### **MATERIAL Y EQUIPO**

- ✚ Suelo
- ✚ Vaso de precipitado
- ✚ Agitador de vidrio
- ✚ Agua destilada
- ✚ Cronometro
- ✚ Piceta
- ✚ Balanza
- ✚ Potenciómetro

#### **PROCEDIMIENTO**

- Se pesaron 10gr de suelo seco y tamizado de la muestra 1, se le agregaron 20ml de agua destilada.
- Posteriormente se colocaron en la mesa de agitación por 10 minutos
- Se procede a colocar el sensor en la muestra esperando unos segundos y se toma la lectura, enjuagando el sensor de pH con agua destilada y secándolo.

- Se repite el procedimiento para las demás muestras de suelo
- Clasificar de acuerdo al resultado obtenido.

## INTERPRETACION DE RESULTADOS

### RANGO DE PH

<b>CLASIFICACION</b>	<b>PH</b>
Fuertemente acido	<5
Moderadamente acido	5.1 – 6.5
Neutro	6.6 - 7.3
Medianamente alcalino	7.4 – 8.5
Fuertemente alcalino	>8.5

## **DETERMINACION DE TEXTURA**

### *HIDROMETRO DE BOUYOUCOS*

#### **PRINCIPIO Y APLICACION**

La textura del suelo se define como la porción relativa de grupos dimensionales de partículas. Proporciona una idea general de las propiedades físicas del suelo y en algunos casos de propiedades químicas. Su determinación es rápida y aproximada.

En general, el problema consiste en separar los agregados y analizar solo las partículas. En el presente método se elimina la agregación debida a materia orgánica y la floculación debida de cationes calcio y magnesio. No se eliminan otros agregantes como carbonatos.

El tiempo de lectura se ha escogido de 40 segundos para la separación de partículas mayores de 0.05 mm (arena) y de 2 horas para partículas de diámetro mayores de 0.002 mm (limo y arena). Estos límites han sido establecidos por el Departamento de Agricultura de Estados Unidos y se han usado para construir el Triangulo de Texturas.

#### **REACTIVOS**

- ✚ Oxalato de sodio saturado. Disolver 30g de oxalato de sodio en 1 litro de agua.
- ✚ Metasilicato de sodio con 36 g l<sup>-1</sup> de lectura con el hidrómetro. Disolver 50g de Metasilicato de sodio en 1 litro de agua para ajustar la solución hasta que se obtenga una lectura de 36 con el Hidrómetro.
- ✚ Alcohol etílico.

## **MATERIAL Y EQUIPO**

1. Hidrómetro de Bouyoucos con escala de 0-60
2. Probetas de 100 ml
3. Agitador con motor para dispersión.
4. Agitador de mano.
5. Termómetro de -10 a 110°C
6. Tamices de 60 mm de diámetro
7. Cronometro
8. Una pipeta de 5 ml
9. Una balanza granataria
10. Muestras de suelo secas y tamizadas
11. Garrafrones de agua destilada
12. Un martillo de goma
13. Charolas de plástico para secado

## **PROCEDIMIENTO**

- Una vez que se tiene la muestra de suelo se procede a su secado durante 1 a 2 días.
- Seca la muestra de suelo se procedió a deshacer los terrones con el martillo de goma, se colocó en la malla para ser tamizado y tener la muestra de suelo completamente mullida.
- Posteriormente se pesaron 50 gramos de suelo en la balanza granataria.

- Este se pasa en la copa de dispersión, después se adiciona agua destilada hasta 5 o 6 cm abajo del borde de la copa.
- Se agregan 5 ml de oxalato de sodio y 5 ml de metasilicato de sodio y dejar reposar durante 15 minutos. Si el suelo tiene mucha arcilla puede prolongarse el tiempo hasta media hora.
- Pasar las muestras de los vasos de precipitado a las copas del agitador mecánico, pasando todo el material completamente.
- Activar los agitadores y proceder a dispersar 15 minutos, al mismo tiempo se colocaban las segundas muestras de suelo a reposar con el Oxalato y Metasilicato durante los 15 min, y se preparaba otra muestra ya con el volumen medido, esto se hizo con el objetivo de desarrollar el análisis de las muestras de suelo agilizando el proceso.
- Al finalizar el tiempo de agitación bajar la copa del dispersor y pasar el contenido a una probeta de 1000 ml enjuagando completamente la copa.
- Agregar agua destilada hasta completar un litro con el hidrómetro dentro de la suspensión en el caso de la probeta. Sacar el hidrómetro y suspender el suelo con un agitador de mano operando durante un minuto.
- Tomar las lecturas del hidrómetro a los 40 segundos y después de 2 horas de terminada la dispersión con el agitador de mano.
- Para hacer una lectura, colocar el hidrómetro dentro de la probeta 20 segundos antes del momento de la determinación, cuidando de alterar lo menos posible la suspensión.
- Después de hacer la lectura se seca el hidrómetro, se lava, se seca y se toma la temperatura. Si por alguna razón al hacer la lectura se acumula espuma alrededor del hidrómetro, agregar unas gotas de alcohol etílico.

## CALCULOS

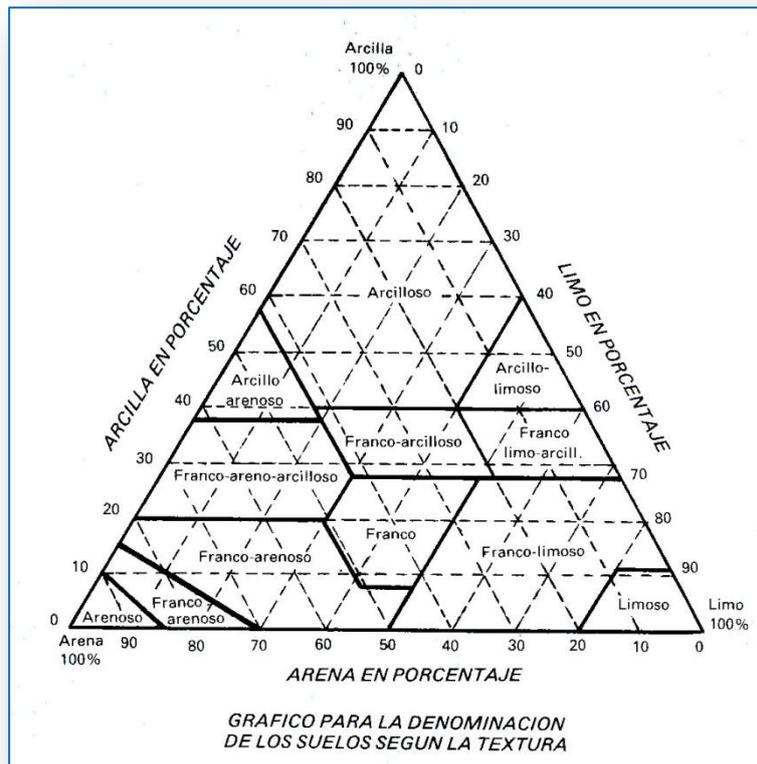
Se corrigen por temperatura las lecturas del hidrómetro agregando 0.36 por cada grado arriba de 20° C y reduciendo la misma cifra por cada grado debajo dicha temperatura. (Tabla de corrección por temperatura). La lectura a los 40 segundos multiplicada por 2 es igual al % de arcilla mas limo. Restando de 100 se obtiene el % de arena. La lectura obtenida a 2 horas multiplicadas por 2 es igual al % de arcilla. El % de limo se obtiene por diferencia. Cuando se usan 100g no debe multiplicarse por 2 ya que el hidrómetro esta calibrado en porcentajes considerando 100g de suelo. Con los porcentajes de limo, arena y arcilla se determina la textura correspondiente con el triangulo de texturas.

Corrección por temperatura del hidrómetro calibrado a 20° C

Temperatura (°C)	Corrección	Temperatura (°C)
- Restar		+ Sumar
20.0	-----	20.0
19.5	0.18	20.5
19.0	0.36	21.0
18.5	0.54	21.5
18.0	0.72	22.0
17.5	0.90	22.5
17.0	1.08	23.0
16.5	1.26	23.5
16.0	1.44	24.0
15.5	1.62	24.5
15.0	1.80	25.0
14.5	1.98	25.5
14.0	2.15	26.0
13.5	2.34	26.5
13.0	2.52	27.0
12.5	2.70	27.5
12.0	2.88	28.5
11.5	3.06	29.0
11.0	3.24	29.5

## INTERPRETACION DE RESULTADOS

Para la interpretación de resultados el Departamento de Agricultura de Estados Unidos proporciona el Triángulo de Texturas.



# **DETERMINACION DE LA DENSIDAD APARENTE**

## *METODO DE LA PROBETA*

### **INTRODUCCION**

La densidad aparente de un suelo, es la masa (peso) por unidad de volumen del suelo, incluyendo partículas sólidas y el espacio poroso y se mide generalmente en  $\text{gr/cm}^3$ . Su determinación es importante ya que su valor puede correlacionarse con algunas otras propiedades del suelo, como por ejemplo con el espacio poroso, velocidad de infiltración, capacidad de campo, humedad de saturación, así como para calcular la lamina de riego.

La densidad aparente de un suelo varía según el manejo que haya recibido. La labranza es un factor fundamental en el valor que tome la densidad aparente a corto y a largo plazo. Cuanto más intensa sea la labranza tiende a compactarse el suelo a largo plazo. Para la determinación de esta propiedad se cuentan con varios métodos como son: de campo y de laboratorio. Entre los de campo tenemos el método del pozo y el método del extractor de núcleos. Mientras que entre los métodos de laboratorio se encuentran: el de la parafina, el del petróleo y el de la probeta.

### **OBJETIVO**

Determinar la densidad aparente de la muestra por el método de la probeta.

### **MATERIALES**

- ✚ Probeta de 100 ml
- ✚ Suelo seco y tamizado
- ✚ Franela
- ✚ Balanza analítica

## PROCEDIMIENTO

- Una vez que se tiene la muestra de suelo se procede a su secado de 1 a 2 días.
- Ya seca la muestra se procedió a deshacer los terrones con el martillo de goma, y se colocó el suelo en la malla para ser tamizado y tener la muestra de suelo completamente mullida.
- Posteriormente se agregaron 50 g de suelo seco y tamizado, a la probeta de 100 ml.
- Se golpeó las paredes de la probeta con los dedos de la mano ligeramente.
- Sobre el pedazo de franela humedecida colocado sobre la mesa de trabajo se asentó la probeta.
- Después se procedió a leer volumen final que ocupaban los 50 g de suelo.
- Por último se determinó la Densidad Aparente ( $\text{gr}/\text{cm}^3$ )

Vf = Volumen final

Da= densidad Aparente ( $\text{gr}/\text{cm}^3$ )

# **DETERMINACION DE MATERIA ORGANICA**

## *MÉTODO DE WALKLEY Y BLACK*

### **INTRODUCCION**

La materia orgánica del suelo consiste en residuos de plantas, animales en diversas etapas de descomposición, organismos vivos del suelo y sustancias sintetizadas por estos organismos.

La cantidad de materia orgánica factible de acumularse en el suelo a partir de tejidos vegetales depende de la temperatura, humedad, aireación, pH del suelo, población microbiana y cantidad y naturaleza química del residuo vegetal que se reincorpora al suelo.

La composición química de la materia orgánica del suelo se clasifica en tres grupos principales polisacáridos, ligninas y proteínas.

Además de estos tres grupos, también se presenta una variedad de otras sustancias como grasas y ceras en los residuos vegetales.

### **OBJETIVO**

Determinar el contenido de materia orgánica de diferentes muestras de suelo por el Método de Walkley y Black.

### **PRINCIPIO**

Para determinar el contenido de materia orgánica del suelo se emplea una técnica en la que la reacción del  $K_2CR_2O_7$  con el  $H_2SO_4$  origina la formación de una gente oxidante fuerte, acido crómico que oxida el carbono de la materia orgánica para convertirlo en  $CO_2$ . La reacción química causa un color verde directamente dependiente de la cantidad de materia orgánica del suelo.

## REACTIVOS

- SOLUCION DE DICROMATO DE POTASIO 1.00 N

Pesar 49.04 g de  $K_2Cr_2O_7$  grado analítico (secado a  $150^\circ C$  con balanza analítica) disolver el dicromato en agua destilada y diluir a 1 litro empleando un matraz aforado.

- SOLUCION DE SULFATO FERROSO 1 N

Disolver 280 g de  $FeSO_4 \cdot 7H_2O$  grado analítico, en agua. Añadir 80 ml de  $H_2SO_4$  concentrado, enfriar y diluir a 1 litro.

- INDICADOR DE DIFENILAMINA

Colocar en un vaso de 250 ml, 0.5 g de difenilamina grado analítico y adicionar 20 ml de agua y 100 ml de  $H_2SO_4$  concentrado. Disolver la difenilamina agitando con una varilla de vidrio.

- ACIDO SULFURICO CONCENTRADO

Usar  $H_2SO_4$  concentrado al menos al 96%

- ACIDO FOSFORICO CONCENTRADO

Usar  $H_3PO_4$  al 85%

## MATERIAL

- Matraz Erlenmeyer 500 ml
- Lamina de asbesto
- 1 bureta de 50 ml con soporte universal con la base cubierta de papel blanco, para facilitar la observación del vire.
- 1 pipeta volumétrica 10 ml
- 1 pipeta volumétrica 1 ml

## PROCEDIMIENTO

- Una vez que se tiene la muestra de suelo se procede a su secado durante 1 a 2 días.
- Seca la muestra de suelo se procedió a deshacer los terrones con el martillo de goma, se colocó en la malla para ser tamizado y tener la muestra de suelo completamente mullida.
- Se pesaron de 0.5 g de suelo seco y tamizado en malla de 0.02 mm.
- Posteriormente se colocó la muestra en un matraz Erlenmeyer de 500ml.
- Luego se agregó al matraz Erlenmeyer 10 ml de la solución de  $K_2Cr_2O_7$  y se agitó para que se impregne el suelo.
- Se añadieron rápidamente 20 ml de  $H_2SO_4$  concentrado, agitar ligeramente para mezclar.
- Después se dejaron reposar los matraces durante 30 minutos sobre la lámina de asbesto o mesa de madera, evitando las mesas de acero o cemento.
- Se añadieron 200 ml de agua destilada, 10 ml de ácido fosfórico concentrado y 1 ml de indicador difenilamina; este último con la pipeta volumétrica.
- Por último se realiza la titulación con  $Fe_4SO_4$  gota a gota hasta que vire color verde claro, para lo cual es útil una hoja de papel blanco como fondo.

**NOTA:** Se hace una muestra testigo con las mismas indicaciones siguiendo los pasos del 3 al 7 sin usar muestra de suelo; esto servirá para estandarizar la solución de sulfato ferroso.

## CALCULOS

$$\% \text{ M.O} = \frac{13.4 (1 - \underline{T})}{S}$$

**T:** Vol. (ml) de solución ferrosa empleado en la muestra de suelo.

**S:** Vol. (ml) de solución ferrosa empleado en el blanco

**13.4:** Constante

## INTERPRETACION

CLASE	% M.O
MUY BAJO	< 0.5
BAJO	0.6 – 1.5
MEDIO	1.6 – 3.5
ALTO	3.6 – 6.0
MUY ALTO	> 6.0

# **DETERMINACION DE CONDUCTIVIDAD ELECTRICA**

## *CONDUCTIVÍMETRO*

### **INTRODUCCION**

Algunos de los factores que llegan a ser limitantes de la producción agrícola en las regiones irrigadas del mundo, son sin duda la concentración de sales solubles, los niveles excesivos de sodio absorbido y en algunos casos la presencia de niveles tóxicos de boro; elemento que a menudo se presenta asociado en suelos afectados por exceso de sales solubles.

### **OBJETIVO**

Determinar el valor de conductividad eléctrica en su muestra y clasificar el suelo en base el contenido de sales.

### **MATERIAL**

-  Bote de plástico
-  Espátula
-  Piceta
-  Agua destilada
-  Suelo
-  Bomba de vacío
-  Papel filtro
-  Embudo buchner
-  Matraz kitasato

## PROCEDIMIENTO

- Una vez que se tiene la muestra de suelo se procede a su secado durante 1 a 2 días.
- Seca la muestra de suelo se procedió a deshacer los terrones con el martillo de goma, se colocó en la malla para ser tamizado y tener la muestra de suelo completamente mullida.
- Se pesaron 300g de suelo seco y tamizado.
- Se agregó agua destilada hasta punto de saturación.
- Posteriormente se taparon los recipientes y se dejaron en reposo por 24 hrs.
- Se obtuvo el extracto por medio de la bomba de vacío.
- Ajustándose la temperatura a la cual se encuentra la muestra.
- Leer el Conductímetro y registrar la lectura
- La lectura se obtiene en mS/cm.