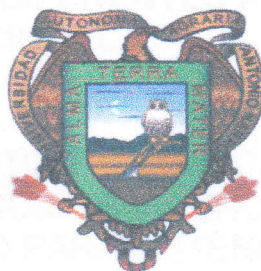


**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
"ANTONIO NARRO"
UNIDAD LAGUNA**

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS



**DINÁMICA ESPACIAL DE HUMEDAD Y TEMPERATURA
DEL SUELO CON Y SIN ACOLCHADO A DIFERENTES
PROFUNDIDADES DE CINTILLA.**

POR:

SERGIO ALBERTO TURIJAN CAMARGO

T E S I S

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

INGENIERO AGRÓNOMO EN IRRIGACIÓN

TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO

JUNIO DEL 2006

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

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

**DINÁMICA ESPACIAL DE HUMEDAD Y TEMPERATURA DEL SUELO
CON Y SIN ACOLCHADO A DIFERENTES PROFUNDIDADES DE
CINTILLA.**

**TESIS DEL C. SERGIO ALBERTO TURIJAN CAMARGO ELABORADA
BAJO LA SUPERVISIÓN DEL COMITÉ PARTICULAR DE ASESORIA Y
APROBADA COMO REQUISITO PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**

INGENIERO AGRÓNOMO EN IRRIGACIÓN

APROBADA POR:

ASESOR PRINCIPAL:


M.C. FEDERICO VEGA SOTELO.

ASESOR:

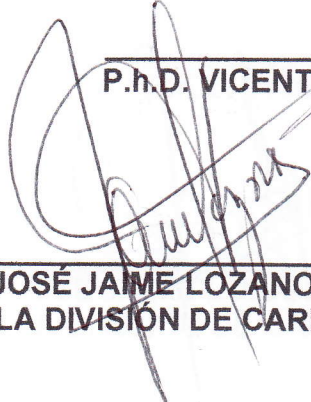

M.C. JOSEFINA SALDAÑA MARTÍNEZ.

ASESOR:


M.C. JORGE LUIS VILLALOBOS ROMERO.

ASESOR:


P.H.D. VICENTE DE PAUL ÁLVAREZ REYNA.


M.C. JOSÉ JAIME LOZANO GARCÍA
COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS



Coordinación de la División
de Carreras Agronómicas

JUNIO DEL 2006

TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO

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

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

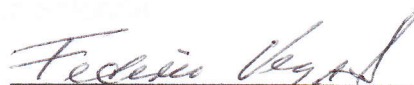
**DINÁMICA ESPACIAL DE HUMEDAD Y TEMPERATURA DEL SUELO
CON Y SIN ACOLCHADO A DIFERENTES PROFUNDIDADES DE
CINTILLA.**

TESIS DEL C. SERGIO ALBERTO TURIJAN CAMARGO QUE SE
SOMETE A CONSIDERACIÓN DEL H. JURADO EXAMINADOR, COMO
REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO AGRÓNOMO EN IRRIGACIÓN

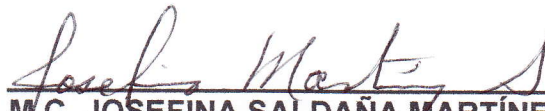
APROBADA POR:

PRESIDENTE:



M.C. FEDERICO VEGA SOTELO.

VOCAL:



M.C. JOSEFINA SALDAÑA MARTÍNEZ.

VOCAL:

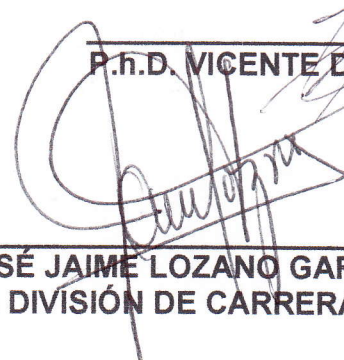


M.C. JORGE LUIS VILLALOBOS ROMERO.

VOCAL:



P.H.D. VICENTE DE PAUL ÁLVAREZ REYNA.



**M.C. JOSÉ JAIME LOZANO GARCÍA
COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS**



Coordinación de la División
de Carreras Agronómicas

TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO

JUNIO DEL 2006

DEDICATORIA

A mis hijos,

A mi esposa, María del Socorro

A mi familia y amigos

A todos los que me apoyaron y me ayudaron en esta etapa de mi vida

A mi madre,

A mi familia y amigos

El presente trabajo de investigación se realizó en su totalidad en las instalaciones del Centro Nacional de Investigaciones Disciplinarias en Relación Agua-Suelo-Planta-Atmósfera (CENID-RASPA), del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Forestales Pecuarias (INIFAP), en Gómez Palacio, Dg. Bajo la dirección y asesoría de la M:C: Josefina Martínez Saldaña.

A mi familia y amigos

A mi familia y amigos

A mi familia y amigos

A mi familia y amigos

A mi familia y amigos

A mi familia y amigos

A mi familia y amigos

A todos los que me apoyaron y me ayudaron en esta etapa de mi vida

DEDICATORIAS.

Mis Abuelitos:

José Rosario Camargo Huerta
Evangelina Montesinos Ortega (†).

Gracias por todas sus bendiciones, cariño y su apoyo incondicional que me han brindado durante todo este tiempo.

A mi madre:

Rosalía Camargo Montesinos.

Para la Mujer que me apoyó todos estos años, no hay palabras que puedan describir mi profundo agradecimiento hacia ella, por su infinito amor, cariño, comprensión y apoyo incondicional. Por acompañarme en los buenos y malos momentos, estoy consiente que si no fuera por su sacrificio no estaría hoy festejando este logro.

A mis hermanos:

Juan Manuel Turijan Camargo. Agradezco de corazón todo su sacrificio, confianza y apoyo incondicional que deposito en mí.

Magali y Edgar con ellos comparto esta alegría porque han contribuido positivamente a que este momento llegara.

Para Mayra L. F. R. Por ser esa persona que ha estado conmigo en todos los momentos difíciles de mi vida y por darme su amor, cariño y comprensión pero sobre todo su apoyo gracias TQM.

A mis sobrinos: Por el cariño que me han dado. (Gracias).

A Ezequiel Donlucas Lozano: Por su comprensión, cariño y amistad.

A todos mis tíos y primos: Por todo su apoyo moral y cariño.

A toda la familia franco: Por su cariño y amistad gracias.

A todos mis amigos: de la casa, por todos los momentos agradables que pasamos juntos

AGRADECIMIENTOS.

A dios por darme la oportunidad de vivir.

A mi "**ALMA TERRA MATER**" por brindarme la oportunidad de prepararme y realizar mis estudios profesionales.

Al M.C. Josefina Martínez Saldaña. Investigador del (**CENID-RASPA**), por su asesoramiento, amistad y apoyo en la redacción de este trabajo.

Al M.C. Federico Vega Sotelo. Del departamento de Riego y Drenaje, por su enseñanza, amistad y acertadas sugerencias en la redacción de este trabajo.

Al M.C. Jorge Luís Villalobos Romero. Por su valiosa colaboración, asesoramiento, amistad y enseñanza para concluir este trabajo de tesis.

Al Ph.D. Vicente de Paul Álvarez Reyna. Por su asesoramiento, amistad y colaboración en la redacción de este trabajo.

A mis maestros del departamento de riego y drenaje, que contribuyeron en mi formación académica.

Al **CENID-RASPA** (Centro Nacional de Investigación Disciplina en Relación Agua-Suelo-Planta-Atmósfera), **INIFAP** (Instituto Nacional de Investigación Forestal Agrícola y Pecuaria), por brindarme su apoyo y herramientas necesarias para la elaboración de este proyecto.

Al C. Adelo Castro por brindarme su ayuda en el trabajo de campo.

A mis compañeros. De la XXXIV generación de Ingeniero agrónomo en irrigación. Amin, Aimer, Oscar, Carlos, Héctor, Genaro, Antonio, Martini y Domitilo. Por su amistad durante todo este tiempo.

A todas aquellas personas que de una u otra forma colaboraron para que yo lograra uno de mis más grandes sueños.

INDICE DE CONTENIDO.

	Página
DEDICATORIAS.	I
AGRADECIMIENTOS.	II
INDICE DE CONTENIDO.	III
INDICE DE CUADROS	V
INDICE DE FIGURAS.	VI
INDICE DE ANEXOS.	VIII
RESUMEN.	1
1. INTRODUCCIÓN.	2
2. OBJETIVOS.	4
3. HIPOTESIS.	4
4. REVISION DE LITERATURA.	5
4.1. RIEGO LOCALIZADO.	5
4.1.1 Riego por goteo localizado.	6
4.1.2 Tipos de riego por goteo.	8
4.1.3 Bulbo húmedo.	9
4.3.1. Suelo.	9
4.4. Acolchado.	14
4.4.1 Mejoramiento de estructura del suelo.	16
4.4.2 Características de los plásticos.	18
4.5 Método de Kriging.	19
4.5.1. Surfer.	20
5. MATERIALES Y MÉTODOS.	21
5.1. Localización del sitio experimental.	21

	IV
5.2 Área de Estudio.	22
5.3. Preparación del suelo.	23
5.4. Características físico y químicas del lote experimental.	23
5.5. Tratamientos.	24
5.6. Acolchado.	25
5.7. Dinámica espacial de humedad.	25
5.8. Riego.	26
5.9. Surfer.	27
5.10. Estación climatologica.	28
5.11. Temperatura del suelo.	28
6. RESULTADOS Y DISCUSION.	29
6.1. Humedad del suelo.	29
6.2. Temperatura del suelo.	31
6.3. Riego.	32
6.4. Distribución espacial de la humedad.	33
7. CONCLUSION.	41
8. ANEXOS.	42
9. LITERATURA CITADA.	43

INDICE DE CUADROS.

CUADRO		Página.
1	Utilización de plásticos en la agricultura.	17
2	Resultados de análisis físico.	23
3	Tratamientos.	24
4	Lamina de riego aplicada por igual a todos los tratamientos.	32
5		33
6		34
7		35
8		36
9		37
10		38
11		39
12		40
13		41
14		42
15		43
16		44
17		45

INDICE DE FIGURAS.

Figura		Pág.
1	Distribución del agua en el suelo en riego por goteo.	8
2	Forma del bulbo según el tipo de suelo.	11
3	Localización de la Comarca Lagunera.	21
4	Croquis del campo experimental.	22
5	Tratamientos a diferentes profundidades de cintilla y muestreo del suelo.	25
6	Estación Climatologica.	28
7	Datos Reales de los muestreos del suelo en el tratamiento testigo.	29
8	Datos Reales de los muestreos del suelo en el tratamiento con acolchado cintilla a 0 cm de profundidad.	30
9	Datos de los muestreos del suelo en tratamiento 3 con acolchado cintilla a 10 cm de profundidad.	30
10	Datos de los muestreos del suelo en el tratamiento con acolchado cintilla a 20 cm de profundidad.	30
11	Datos Reales de los muestreos del suelo en el tratamiento 5 con acolchado cintilla a 30 cm de profundidad.	31
12	Temperaturas del suelo con sensor al centro de la cama testigo y tratamiento 3.	31
13	Temperatura del suelo con sensor a 15 cm después de la cintilla.	32
14	Curva isohidrica del tratamiento 1 testigo sin acolchar cintilla superficial del primer muestreo.	33
15	Curva isohidrica de tratamiento 2 a 0 cm de prof. con acolchado del primer muestreo.	34
16	Curva isohidrica del tratamiento 3 a 10 cm. de prof. de la cintilla, con acolchado del primer muestreo.	34
17	Curva isohidrica del tratamiento 4 a 20 cm de prof. de la cintilla, con acolchado del primer muestreo.	35

18	Curva isohidrica del tratamiento 5 a 30 cm de prof. de la cintilla, con acolchado del primer muestreo.	35
19	Curva isohidrica del tratamiento 1 testigo sin acolchar cintilla superficial del quinto muestreo.	36
20	Curva isohidrica del tratamiento 2 a 0 cm de prof. con acolchado del quinto muestreo.	36
21	Curva isohidrica del tratamiento 3 a 10 cm. de prof. de la cintilla, con acolchado del quinto muestreo.	37
22	Curva isohidrica en el tratamiento 4 a 20 cm de prof. de la cintilla, con acolchado del quinto muestreo.	38
23	Curva isohidrica del tratamiento 5 a 30 cm de prof. de la cintilla, con acolchado del quinto muestreo.	39

INDICE DE ANEXOS.

Cuadro	TITULO	Página
1	Determinaciones físicas y químicas del suelo.	42

DINAMICA ESPACIAL DE HUMEDAD Y TEMPERATURA DEL SUELO CON Y SIN ACOLCHADO A DIFERENTES PROFUNDIDADES DE CINTILLA.

RESUMEN.

El trabajo experimental fue desarrollado durante el ciclo agrícola otoño-invierno (2005) dentro del campo experimental del CENID RASPA-INIFAP, ubicado en el Km. 6+500 margen derecho del canal sacramento

El riego en la Comarca Lagunera a partir del abatimiento del manto acuífero por sobreexplotación del agua llevó a considerar la modificación de prácticas de riego y desde el año de 1980 se ha venido estudiando el manejo de acolchado que permite evitar la pérdida de agua por evaporación directa del suelo.

Los tratamientos evaluados en esta investigación fueron 4 y un testigo, consistiendo en colocar la cintilla a diferentes profundidades 0 cm, 10 cm, 20 cm y 30 cm con su respectivo acolchado.

El riego por cama tiene como objetivo llevar el agua más cerca de la raíz y solo proporcionar la cantidad adecuada que la planta necesita para realizar sus funciones fisiológicas.

I. INTRODUCCIÓN.

En la mayoría de los países del mundo existen dos métodos de riego, por gravedad y presión. En México se riega aproximadamente el 10% (600 000 has.) con riego presurizado, y el 90% (540 0000 has.) restante se riega por gravedad. Los métodos de riego por surco y melga son los más comunes en riego por gravedad, en presurizado goteo, micro aspersión y la aspersión son los que predominan en el riego de especies forrajeras. En cultivos hortícolas el sistema de riego puede ser por gravedad o presurizado, año con año se ha incrementado el uso del sistema presurizado debido a sus ventajas, (ahorro de agua).

La disponibilidad media anual de agua en la Región Lagunera, es de 2 150 Mm³, correspondiendo 1 200 Mm³ a agua superficial y 950 Mm³ a agua subterránea, de las cuales, el sector agrícola consume 1 967.35 Mm³ (91.5%). Con los 1 200.0 Mm³ de agua superficial se riegan 87 000 has del Distrito de Riego 017, y 767,25 Mm³ de agua subterránea para el riego de 31 595 has. Además, el uso público-urbano demanda un volumen de 129.0 Mm³ (6.9%) para abastecer 1 257,000 habitantes de las zonas urbanas y rurales. Región que hace cuatro décadas inició un proceso de reconversión industrial y esta rama de la economía local consume un volumen anual de agua de 21.5 Mm³ (1.0%) (Estadísticas SAGARPA, 2000).

El riego en la Comarca Lagunera, ha sido un factor determinante en el crecimiento de la región desde la apertura de los canales a mediados del siglo XIX. La caída del manto acuífero por sobreexplotación llevó a considerar la modificación de las prácticas de riego. A partir de 1980 se ha venido estudiando el manejo de acolchado que permite evitar la pérdida de agua por evaporación directa del suelo, reduce la incidencia de malezas cuando se utiliza plástico opaco, aumenta la temperatura para la producción en melón, sandía, tomate, chile y otros cultivos y en consecuencia se obtiene precocidad, mejor calidad de fruto y mayores rendimientos (Robledo, 1980).

Producción de Hortalizas en la Región Lagunera.

La producción de hortalizas en la región lagunera representa el 20%, del total de la producción de los cultivos agrícolas. Este 20% es de suma importancia debido no solamente al valor de la producción, sino que para producir se requiere el uso intensivo de mano de obra (SAGARPA, 2002).

Un gran problema en hortalizas es la pérdida de agua por evaporación, baja productividad del agua, alto costo por herbicidas y bajos precios del mercado. En los últimos años, debido a los beneficios que aporta el uso de los plásticos en sus diversas modalidades de aplicación en los cultivos hortícolas, ha tenido un gran desarrollo en nuestro país.

II. OBJETIVO.

- Cuantificar la distribución espacial de humedad y temperatura del suelo a diferente profundidad de cintilla con y sin acolchado.

III. HIPÓTESIS.

- El uso de acolchado y cintilla a diferentes profundidades no afecta la distribución espacial de humedad y temperatura del suelo.
- La distribución del agua es uniforme con la utilización de cintilla y acolchado.

IV REVISIÓN DE LITERATURA.

4.1. Riego Localizado.

La siembra en cama consiste en construir surcos grandes espaciados de 3.8 a 4.0 m. La profundidad del surco varía de 25 a 30 cm. Los surcos semejan acequias y la siembra es en los bordos del surco, esta manera de sembrar tiene la ventaja de no inundar totalmente el terreno. Los criterios a considerar son: largo de surco, pendiente, y cantidad de agua por surco. Una modalidad de la cama de siembra que se ha hecho costumbre para eficientar el uso de agua es cubrir las camas con plástico.

El riego por cama tiene como objetivo llevar el agua más cerca de la raíz y proporcionar la cantidad adecuada que la planta necesita para realizar sus funciones fisiológicas. El control de humedad de la superficie expuesta al ambiente disminuye al cubrir la cama con plástico que evitara la pérdida de agua por evaporación, las camas están a 1.8 y 2 m. entre cama y cama. (Salunkhe, 2004)

Es un método de aplicación de agua de riego que se populariza año tras año. Consiste en la aplicación lenta y frecuente, de agua al suelo a través de emisores o goteros, localizados a lo largo de la línea de distribución. Los emisores disipan la presión que adquiere el agua al ser bombeada, mediante orificios (Salunkhe, 2004).

El principio básico es proporcionar a la planta humedad permanente que satisfaga sus necesidades. Una de las bondades principales de este sistema, es permitir sembrar una superficie mayor con la misma cantidad de agua. Además permite el uso de agua con algún contenido de sales, ya que estas durante el riego son empujadas hacia la orilla del bulbo de humedad y así las raíces pueden tomar el agua (Castaños 2000).

4.1.1. Riego por Goteo (localizado).

Este método de Riego consiste en aportar agua en una zona de menor volumen de suelo, que habitualmente acopian las raíces.

Sus características principales son: No se moja la totalidad del suelo, Se utilizan pequeños caudales a baja presión, El agua se aplica con alta frecuencia.

La localización del agua cerca de las plantas se manifiesta en que se modifican algunas características de las relaciones agua-suelo-planta, tales como: Reducción de la evaporación, distribución del sistema radical, régimen de salinidad, etc, La alta frecuencia de aplicación de agua, implica consecuencias sobre su aprovechamiento, ya que al estar el suelo a capacidad de campo o cerca de él, a ella, las plantas absorben el agua con facilidad, El agua se aplica mediante emisores que la depositan en suelo gota a gota o mediante flujo continuo, con un caudal inferior a 16 litros/hora por un punto de emisión o por metro lineal de manguera de goteo. (Fuentes et al, García, 1999)

El sistema de riego por goteo es un sistema donde el agua se aplica gota a gota, sin necesidad de mojar toda la superficie del suelo. El agua se aplica lo más cercano a la planta, donde se encuentra el sistema radical y ésta se suministra con frecuencia. Se reducen las pérdidas por evaporación, pero en cambio la transpiración puede ser mayor porque el suelo seco se calienta más que el húmedo, y provoca un aumento de temperatura en el follaje (Fuentes, 1990).

Es necesario conocer la evaporación del cultivo, para una programación correcta del riego. En caso de contar con datos confiables de evaporación se puede adquirir el nivel de explotación agrícola con el empleo de tensiómetros para conocer si el agua que se aplica es suficiente para cubrir la demanda (Castilla, 1983).

La relación entre número de riegos aplicados y acolchado de suelo, muestra que el número de riegos se reduce al utilizar plásticos negro y transparente. La lámina de agua consumida se reduce hasta 12.43 cm y si se utiliza plástico negro opaco, así mismo la eficiencia de uso del agua aumenta (Ramírez, 1985).

Al ser el plástico impermeable al vapor de agua y a los líquidos, impide la evaporación de agua al suelo con el efecto consiguiente de que se mantiene a la disposición de las plantas. De esta forma se benefician de un abatimiento regular.

El terreno, al estar cubierto con un plástico negro o gris-humo, no deja desarrollarse la vegetación espontánea; esta no consume agua, resultando un ahorro de la misma en beneficio del cultivo.

Durante el día, el plástico transmite al suelo el calor recibido del sol, haciendo el efecto de invernadero; durante la noche, el filme detiene, en cierto grado, el paso de las radiaciones caloríficas del suelo hacia la atmósfera (Robledo y Martín 1980).

Los inconvenientes del sistema de riego por goteo son los siguientes:

- Precio elevado.
- Peligro de taponamiento de los goteros.
- Posible ataque a la instalación por roedores (deben añadirse repelentes).
- No protege al cultivo contra las heladas en zonas frías.
- Un mal proyecto o deficiente instalación puede ocasionar la pérdida de la cosecha por falta de una buena distribución del agua o de elementos nutritivos.
- Peligro de plagas y enfermedades que pueden proliferar en la zona húmeda alrededor de los goteros.
- Necesidad de un buen sistema de filtrado del agua de riego.

4.1.2 Tipos de Riego por Goteo.

Los tipos de riego por goteo son:

- Subterráneo: Se utiliza poco debido a problemas de raíces, ataques de roedores y otros animales y por la difícil inspección.
- Superficial: Es el más utilizado.

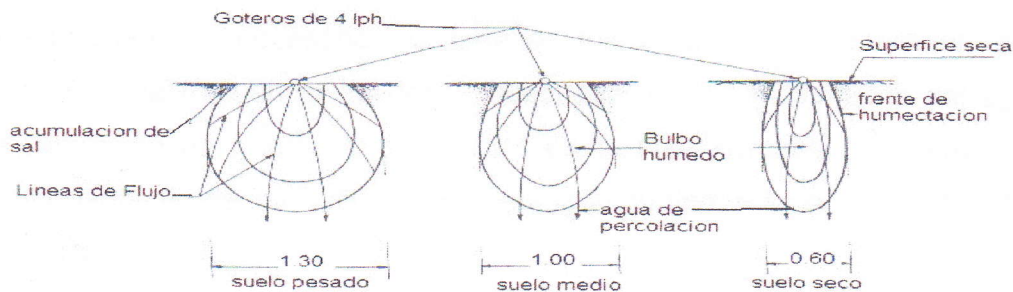


Figura.1. Distribución del agua en el suelo en riego por goteo.

El ahorro en el uso de agua generalmente ocurre en el riego por goteo debido a que: Se reduce la pérdida de agua por escurrimiento y percolación profunda, Se reduce la evapotranspiración solo en aquellas áreas humedecidas.

En la figura 1 observamos los diferentes bulbos de humedad en diferentes tipos de suelo como es el suelo pesado, el suelo medio y por ultimo el suelo seco.

Al diseñar la capacidad de un sistema de riego por goteo, esos ahorros son especialmente importantes durante el periodo de uso consuntivo máximo, en la subsecuente programación de riego, los ahorros de agua son importantes. La magnitud del ahorro en agua depende de la eficiencia con la cual sean operados los sistemas de riego por superficie y aspersion no solamente respecto a las condiciones locales de suelo, cultivo y clima sino también a las actividades y prácticas que prevalecen al aplicar un riego (Medina, 2000).

4.1.3 Bulbo húmedo.

En el perfil del bulbo húmedo en goteo, se puede observar que las líneas de flujo del movimiento del agua son a partir del gotero, este movimiento es sincrónico en dirección a la periferia del bulbo acarreado el agua y nutrientes en solución, así mismo, se aprecia que existe una zona húmeda definida en donde se desarrollan las raíces del cultivo e interactúan con la solución nutritiva.

En la periferia del bulbo y en la superficie del suelo, existe una alta concentración de sales que es necesario mantenerlas fuera de la zona radicular, esto se logra mediante una frecuencia de riegos adecuada; con el movimiento del agua, y mayor concentración de humedad que existe en el área cercana al gotero, hacen que el comportamiento de los fertilizantes sea según su tipo, fuente, concentración de iones y otros (Rojas, 2000).

4.3.1. Suelo.

El suelo es el lugar donde crecen las plantas, almacena el agua, se localizan los nutrimentos y es el soporte mecánico de los cultivos. Idealmente el suelo como medio de cultivo, contiene materia mineral, orgánico, agua y aire: Las proporciones que existen en él, es por lo menos un 45% de partículas minerales, 5% en compuestos orgánicos, 25% de agua y 25% de aire. Sin embargo, el suelo agrícola es un sistema heterogéneo, complejo y dinámico en el que se efectúan una serie de reacciones químicas, procesos físicos y biológicos que alteran la producción óptima de los cultivos.

Cada uno de los elementos contiene en si mismo, características químicas y físicas que al entrar en contacto forman un medio apto para sustentar el desarrollo de raíces y la alimentación de las plantas; es de vital importancia el proveer a la planta los nutrientes necesarios para su desarrollo, su naturaleza se determina por el tipo de coloides que la conforman y por la presencia de los microorganismos que intervienen (Fitz, 1985).

La profundidad de los suelos agrícolas explorada por el sistema radical de las plantas cultivadas, desempeña un papel importante en el manejo de suelos y en la obtención de buenos rendimientos. Esta propiedad regula directa o indirectamente varias funciones de los suelos agrícolas en beneficio de la planta.

La capacidad de los suelos para proporcionar un buen anclaje a las raíces y suministrar el agua y nutrimentos necesarios a las plantas no sólo depende de la cantidad de suelo expresada por cantidad unitaria de éste, sino también de la cantidad de suelo dada por la profundidad la cual puede marcar la diferencia entre un suelo productivo y otro que no lo sea (Donrroso, 2003).

La mayor parte de las raíces se sitúa en la zona superior del suelo (0 – 25 cm), pero también pueden profundizar hasta 60 - 70 cm. En una área de 50 cm. de ancho.

Existen especies silvestres que poseen un sistema radicular profundo y extendido lo que hace interesantes por su mayor tolerancia a la sequía (Infoagro, 2006).

El contenido de humedad del suelo es muy variable, tanto en tiempo para un mismo punto, como en distancia o profundidad para un tiempo dado. Se dice que el contenido volumétrico de humedad del suelo es, en promedio, alrededor del 25% del volumen del suelo, pero su rango de variación es menos 5% hasta más de 45%.

El contenido de agua del suelo se puede expresar en tres formas generales:

- a).- Contenido gravimétrico (ω), que es la masa de agua contenida en un suelo por cada gramo de masa de sólidos.
- b).- Contenido volumétrico (θ), que es el volumen de agua contenido en una unidad de volumen de suelo.
- c).- Lámina de agua (d), cantidad de agua presente en un suelo expresado como centímetros (o unidades equivalentes) de agua en un estrato dado de suelo (Narro, 1994).

La temperatura es uno de los principales factores que influyen en la alteración del medio ambiente de los cultivos, ya que de la energía incidente sobre el plástico utilizado como arropado dependerá la cantidad de calor acumulado en el suelo el que va a tener influencia directa en procesos fisiológicos tan importantes como absorción del agua, toma y transporte de nutrimentos, respiración de la raíz (Robledo y Martín 1980).

Se llama bulbo de mojado al volumen de suelo humedecido por un emisor de riego localizado. El movimiento del agua en el suelo determina la forma y el tamaño del bulbo húmedo. A medida que avanza el riego, el bulbo húmedo se hace cada vez más grande, pero a su vez el suelo se humedece más, la velocidad de infiltración disminuye y con ello el bulbo aumenta.

En la figura 2 la forma del bulbo esta condicionado en gran parte por el tipo de suelo. En suelos de tipo pesados (de textura arcillosa), su velocidad de infiltración es menor, que en suelos de tipo ligeros (de textura arenosa), esto es lo que hace que la humedad sea mayor y el bulbo se extienda, si se aplica la misma cantidad de agua en tres tipos de suelos pero con diferentes texturas, la forma del bulbo variará considerablemente (Yépez, 2004).

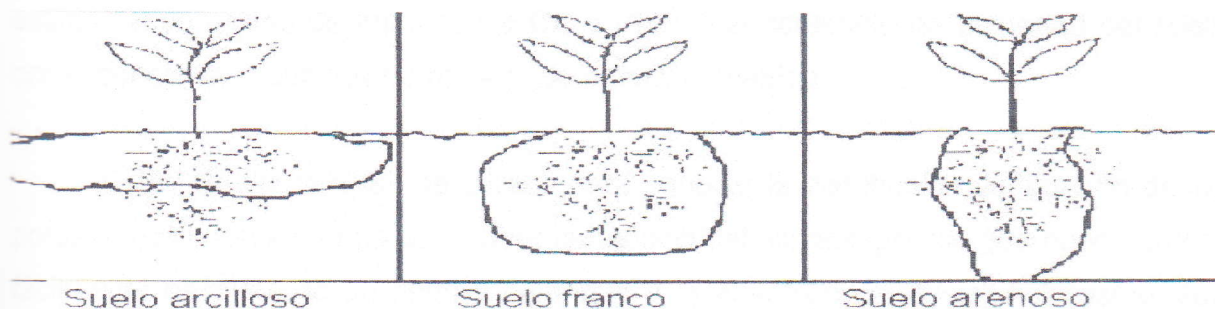


Figura 2. Forma del bulbo según el tipo de suelo.

El riego por goteo, es un sistema que no moja todo el suelo; incluso se comprobó que regando menos del 50 % de evaporación se obtenían producciones importantes. Sin embargo, hasta la fecha no ha sido posible dar una definición tajante del porcentaje mínimo que debe regarse. Podemos citar los siguientes criterios, que, no son definitivos:

Mencionan que debe de ser el 33 % del volumen potencial de raíces, en cultivos de gran espaciamento, y cifras mayores para cultivos más densos (Keller y Karmeli) Citados por (Medina 2000).

El 50 % de la zona radicular, (Goldberg) citado por (Medina 2000) y los técnicos de la Reed Irrigation Systems lo fijan en un 40 % del volumen de suelo disponible.

Lo que sí parece comprobado es el aumento de producción cuando se riega más del 50 % del volumen de suelo que ocupan las raíces.

Otro factor de gran importancia en el contexto de arropado de la superficie del suelo con películas plásticas es la humedad del suelo. La humedad del suelo se puede caracterizar evaluando su contenido o su estado energético. Generalmente, a cada contenido de humedad se le puede asociar un estado energético; y con una serie de valores se puede construir una curva o ecuación que describa la relación.

Las curvas de retención de humedad del suelo son útiles para obtener el potencial mátrico del agua en el suelo. Una vez determinado el contenido de humedad, con base en estos valores es posible definir el momento oportuno de riego y calcular la lámina de agua por aplicar. Si se utilizan los valores de -0.03 y -15 atm se puede estimar el contenido de humedad a CC y PMP o el contenido de humedad del suelo correspondiente a cualquier otro valor de potencial mátrico.

Estas curvas también se utilizan para conocer la distribución del tamaño de los poros y, base esta información, saber la fracción del espacio poroso que puede drenar fácilmente después de un riego y contribuir a la aireación del suelo. Así mismo, son útiles para determinar en cuáles suelos puede haber problemas de aireación restringida. Además se puede calcular la cantidad de agua que existe entre capacidad de campo y el valor del potencial seleccionado como indicador del momento de riego, lo cual puede permitir máxima eficiencia en el uso del agua de riego (Narro, 1994).

La capacidad del suelo para retener el agua difiere considerablemente. Los suelos de textura fina retienen mayor cantidad de agua que los de textura gruesa. A mayor agregación, mayor cantidad de agua retenida; y pueden hacerse curvas de tensión de humedad que relacionan la tensión con el contenido de humedad del suelo. La humedad que se retiene a diferentes tensiones es mayor, si aumenta el número de partículas finas (Thamane, et, 1983).

Haries (1930), citado por (Baver, 1980) El concepto de retención de humedad y su movimiento en un suelo, en base a la fuerza de succión necesaria para mover la interfase aire – agua a través de los poros del suelo. Además encontró que existe diferencia entre la curva de secado y humedecimiento, asociado con las variación del potencial hidrico, el cual dificulta el uso del contenido de humedad para medir el potencial de agua aprovechable.

La lámina de agua disponible para las plantas o humedad aprovechable (diferencia entre Capacidad de Campo y Punto de Marchitamiento Permanente) en un espesor del suelo, se obtiene por la siguiente ecuación:

$$Lr = ((CC - PMP) * Da * Pr) / 100$$

Donde:

CC = Capacidad de campo (%).

PMP = Porcentaje de marchitamiento permanente (%).

Da = Densidad aparente (gr/cm^3).

Pr = Profundidad de raíz (cm).

Lr = Lámina de riego (cm).

Cuando se desea obtener información acerca de la humedad del suelo, se debe determinar primero lo que se necesita conocer, a fin de aplicar el método apropiado. Existen dos tipos generales de mediciones: Los primeros que permiten obtener información acerca del contenido de agua en el suelo y segundo que se aplican para conocer la condición energética de agua en el suelo (Narro, 1994).

Si existe un exceso de humedad, o una insuficiencia de agua en el suelo, el crecimiento del cultivo será retardado. Mientras que la irrigación es un medio artificial usado para agregar humedad al suelo para prevenir deficiencias de humedad, un mal uso de la irrigación creará problemas de exceso de humedad. Como es definido comúnmente, la humedad aprovechable es aquella que es retenida en los suelos entre un rango de presiones negativas que van desde un tercio bar. o 33.33 kPa (Capacidad de Campo) hasta 15 bars o 1500 kPa (Punto de Marchitez Permanente). Sin embargo, la humedad disponible dentro de este rango de presiones puede variar dependiendo de la textura del suelo. Por lo tanto, el tipo de suelo puede en gran parte influenciar la práctica del riego. El porcentaje de agua encontrado en un suelo a Punto de Marchitez Permanente es usualmente la mitad del porcentaje de agua que se encuentra a Capacidad de Campo, pero es mucho mayor que el agua contenida en un suelo cuando éste es secado al aire (García y Briones 1997).

4.4. Acolchado.

La técnica de acolchado consiste en colocar una película plástica sobre el terreno de cultivo, que puede ser de forma parcial o total, estos materiales plásticos no solo sirven para hacer más eficiente el uso del agua al formar una pantalla impermeable que ayuda a conservar una mayor cantidad de humedad al evitar la pérdida por evaporación, incrementa la temperatura formando un microclima. Además de otros beneficios como producir en épocas diferentes a las programadas, disminuir los efectos causados por insectos, control de malezas y otros (Rojas, 2000).

La producción de hortalizas abastece al mercado nacional y de exportación; sin embargo, debido a la falta de planeación en las fechas de siembra de estos cultivos, se satura el mercado provocando que los precios se desplomen hasta en más de un 50% (Valdez, 2001).

Una alternativa para solucionar la problemática anterior es la utilización de mejores métodos de producción, entre los cuales destaca el acolchado con plástico, cuya técnica consiste en cubrir el suelo con material plástico, por lo que es factible aumentar la eficiencia en uso de agua ya que la cubierta de plástico evita pérdida de

humedad por evaporación; y, el fruto tiene mayor precocidad por el aumento de la temperatura debido a la conservación de calor en el suelo, se tiene mayor disponibilidad y aprovechamiento de los nutrimentos y un mejor control de malezas (Martínez et al 2003).

El acolchado ha sido una técnica empleada desde hace mucho tiempo por los agricultores. En sus inicios consistió en la colocación sobre el suelo de residuos orgánicos en descomposición (paja, hojas secas, cañas, hiervas, etc.) disponible en el campo. Posteriormente, con el uso de plásticos en la agricultura, el acolchado de suelos volvió a cobrar auge debido a sus efectos positivos, mayores de los que se obtenían con la utilización de materiales orgánicos.

Los factores sobre los que ejerce influencia esta técnica son: Control de malezas, Humedad del suelo, Temperatura del suelo, Estructura del suelo, Fertilización, Actividad microbiana. (Ibarra y Rodríguez 1991)

Las ventajas del uso de la técnica de acolchado de plásticos son:

- Produce un cultivo más uniforme, mayores y más predecibles rendimientos.
- Aumenta la temperatura del suelo y acelera la producción hasta tres semanas.
- Actúa como barrera entre el campo y el fruto e inhibe plagas y enfermedades.
- Conserva la humedad y los nutrientes del suelo al retardar el proceso de evaporación del agua y prevenir el escurrimiento de nutrientes debido al fuerte riego y lluvias (Vecchia, 1994; García, 1996; Robledo y Martín 1981; Papaseit et al., 1997 Díaz 2001).

La técnica del acolchado con materiales plásticos tuvo un desarrollo paralelo al de la horticultura protegida en la Argentina, en la década del 70 y actualmente se está generalizado su uso.

Técnica que se utiliza para ahorrar agua, controlar maleza, aumentar la temperatura y con esto lograr una cosecha precoz y de mayor rendimiento. Antiguamente el acolchado se asociaba directamente al empajado, en la actualidad el plástico ha desplazado a los residuos vegetales utilizados para este fin (García, 1996).

4.4.1 Mejoramiento de estructura del suelo.

Un suelo acolchado con plástico presenta condiciones ideales para el desarrollo de la raíz: ésta se hace más numerosa y larga en sentido horizontal debido a mayor disponibilidad de humedad. El incremento de raicillas, además de que mejora la estructura del suelo, asegura a la planta una mayor absorción de agua, y nutrimentos.

Los acolchados en franja es la modalidad que más se utiliza en los cultivos hortícolas, principalmente en melón, sandía, calabacita, tomate y otros. Tiene la desventaja de incidencia de malezas en la canaleta del riego cuando este es por gravedad o se tiene lluvia frecuente. El acolchado en franjas se coloca en terreno plano o en surcos; generalmente se utiliza cuando se instala riego por goteo. La colocación del plástico se hace por medio de una acolchadora mecánica, con la que también se pueden colocar las líneas regantes (cintilla) del sistema de riego (Martínez, 1991).

El acolchado con plástico negro es el más comúnmente usado y se prefiere por su capacidad de calentar al suelo al absorber el calor, acelera el crecimiento de las plantas y aumenta rendimiento. El acolchado negro retiene también la humedad del suelo y acelera la maduración de muchos cultivos. Además promueve un medio libre de malezas al bloquear los rayos solares que son necesarios para la fotosíntesis de las malas hierbas (García, 1996).

El empleo de películas plásticas de polietileno (PE) o cloruro de polivinilo (PVC), como cubierta de suelo se inicio comercialmente en el año de 1960. Sin embargo, en la década de los setenta se logro tener el auge muy importante debido al impacto generado por los constantes cambios climatológicos en el mundo.

Cuadro 1 Utilización de los plásticos en la agricultura en diversos países.

País	Empleo	Has	Ton/año
Italia	Invernaderos	20,000	60.00
	Túneles	10,000	8.500
	Acolchados	9,000	3.200
	Total	39,000	71.700
Japón	Invernaderos	30,000	85.000
	Túneles	55,000	38.000
	Acolchados	105,000	13.000
	Total	190,000	136.000
España	Invernaderos	11,000	17.000
	Túneles	4,000	1.900
	Acolchados	26,500	4.130
	Total	41,500	23.030
Francia	Invernaderos	3,200	7.200
	Túneles	11,000	7.000
	Acolchados	35,000	9.000
	Total	49,300	23.200
Israel	Invernaderos	300	600
	Túneles	150	93
	Acolchados	1,500	977
	Total	2,000	1,677
México	Invernaderos	80	240
	Túneles	4	8
	Acolchados	12	14
	Total	96	262

En México, se ha incrementado en forma significativa el uso de plásticos en la agricultura principalmente en cultivos hortícolas, ya que con esta técnica se ha demostrado que es factible reducir el consumo de agua por el cultivo hasta un 50%, logrando hacer un uso más eficiente del agua.

En regiones de baja temperatura mantiene al cultivo con temperatura óptima debido a la capacidad de retener el calor, de esta forma se mejora el microclima entre planta, suelo y atmósfera, que permite modificar el patrón, características fenológicas y rendimiento de ciertos cultivos.

Los principales factores que determinan el uso de los plásticos en los sistemas de producción son; el abatimiento de los mantos acuíferos, condiciones climáticas adversas, aspectos socioeconómicos y alimentarios (Rojas, 2000).

4.4.2 Características de los plásticos.

La utilización agrícola de la plasticultura consiste principalmente en seleccionar el tipo de plástico que sea el más adecuado para su uso, para ello deben tomarse en cuenta dos principios básicos: El factor económico y las características del material.

Los materiales plásticos que más se utilizan en la agricultura por su versatilidad en su aplicación son aquellos que presentan las siguientes características: ligeros, flexibles o rígidos según sea su uso, fácil manipulación, resistentes a heladas y granizos, así los plásticos flexibles se utilizan para túneles y los rígidos para invernaderos, tuberías y otros. Como se observa el uso de los plásticos en la agricultura presenta un gran número de situaciones que en ocasiones pueden ser benéficas o perjudiciales para el cultivo.

Rendimiento y calidad. El rendimiento se ha incrementado hasta un 35% gracias a la mayor eficiencia que se tiene en la relación del suelo y nutrientes. Finalmente, por lo que se refiere a la calidad es muy notoria la limpieza y la uniformidad de los frutos que se obtienen con el uso de acolchado. Ante lo contundente de las cifras alcanzadas en la productividad y sus repercusiones económicas en otros países del mundo, las enormes riquezas naturales y el análisis de las restricciones ecológicas que el medio árido impone a la producción agrícola, motivando al gobierno mexicano y al programa de las naciones unidas para el desarrollo Industrial a llevar a cabo el uso de nuevas tecnologías.

Los cultivos hortícolas ocupan uno de los primeros lugares en cuanto a superficie a nivel nacional, y la mayoría de ellos tienen un alto consumo de agua (SAGARPA-CEA 2001).

Las temperaturas mínimas y máximas de los tratamientos abajo del plástico, a 10 cm. de profundidad del suelo y la temperatura ambiente, la tendencia indica que tanto las mínimas y máximas son superiores abajo del plástico y a 10 cm. de profundidad del suelo que las registradas ambientalmente, estos resultados obtenidos para este periodo de evaluación ratifica la utilidad del uso de los plásticos como acolchados al amortizar los cambios bruscos de la temperatura diurna y nocturna tanto abajo del plástico como en los primeros 10 cm. de profundidad del suelo (Martínez et., al 2004).

4.5. Método de Kriging.

El método de interpolación geoestadístico se conoce como Kriging, en reconocimiento al aporte inicial de D. G. Krige. El método Kriging es un estimador lineal insesgado. Dentro de su formulación matemática se incluyen dos restricciones básicas, en las que se limita la suma de los errores de estimación a ser cero, y el cuadrado de las desviaciones a ser mínimo. La restricción establecida sobre la varianza de estimación, hace que el Kriging sea el mejor estimador lineal. (<http://www.quantitativa.cl>)

Kriging se basa en la asunción de que el parámetro que es interpolado se puede tratar como variable regionalizada. Una variable regionalizada es intermedia entre una variable verdaderamente al azar y una variable totalmente determinista en que varía de una manera continua a partir de una localización siguiente por lo tanto los puntos que están cerca de uno tienen cierto grado de correlación espacial, pero los puntos que se separan extensamente son estadísticamente independientes, (Davis, 1986). Kriging es un conjunto de las rutinas de la regresión lineal que reducen al mínimo la variación de la valoración de un modelo predefinido de la covariación. (<http://www.lycos.com>)

4.5.1. Surfer.

Es un programa de cómputo creado por la empresa Golden Software Inc en 1997. Llamado también Modelo de Simulación de Terrenos (MSDE, por sus siglas en ingles). Es una herramienta que nos ayuda en la creación de curvas (isoyetas). El surfer trabaja a partir de coordenadas tomadas de la hoja de cálculo antes mencionada.

Este software utiliza siete modelos de interpolación que son los siguientes:

1. Método de Distancia Inversa a una potencia.
2. Método de Kriging.
3. Curvatura Mínima.
4. Regresión polinomio.
5. Funciones radiales básicas.
6. Método de Shepard.
7. Método de triangulación lineal.

V. MATERIALES Y MÉTODOS.

5.1 Localización del sitio experimental.

El trabajo experimental fue desarrollado durante el ciclo agrícola otoño–invierno (2005) dentro del campo experimental del CENID RASPA-INIFAP , ubicado en el Km. 6+500 margen derecho del canal sacramento del Distrito de riego No 17 en la Región Lagunera, Coah, y Dgo. localizada entre los paralelos $24^{\circ} 59'$ y $26^{\circ} 53'$ y $104^{\circ} 85'$ de longitud oeste del Meridiano de Greenwich, la localización hidrológica de esta región es la cuenca baja de los Ríos Nazas y Aguanaval (figura 3).

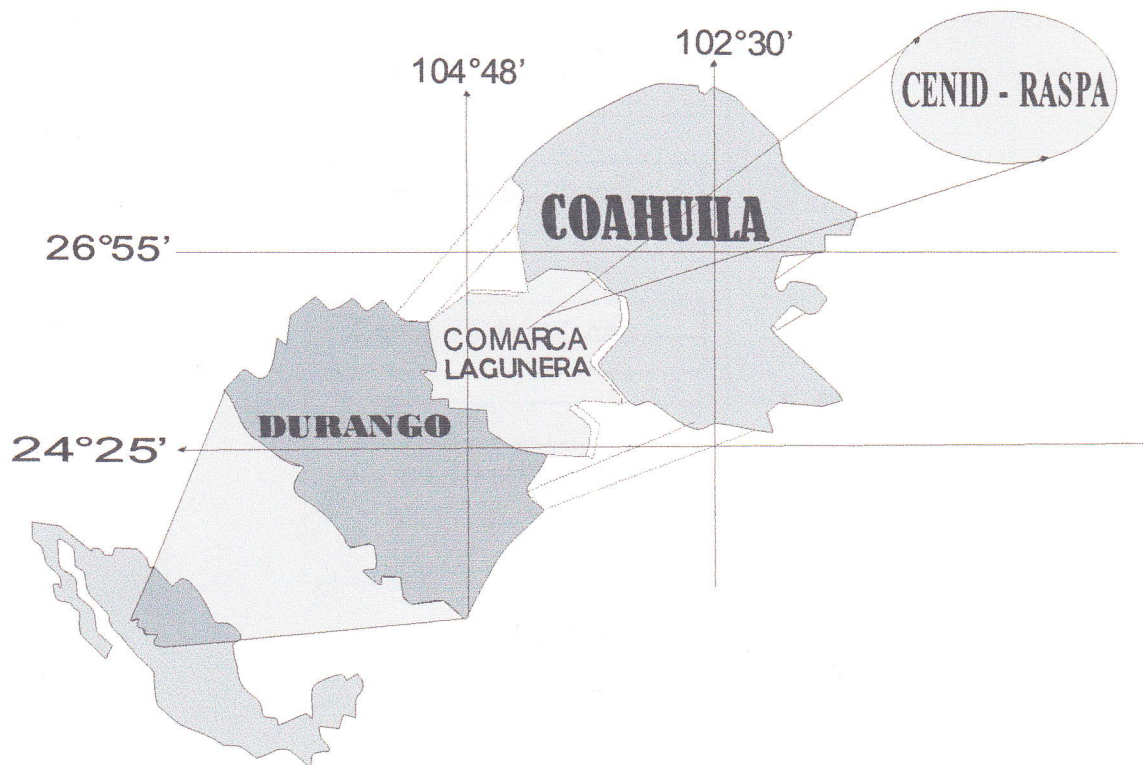


Figura 3. Localización de la Comarca Lagunera.

5.2. Área de estudio.

El área experimental comprendió una superficie de 8 m de ancho por 20 m de largo para una superficie de 160.00 m², como se muestra en la Figura.4.

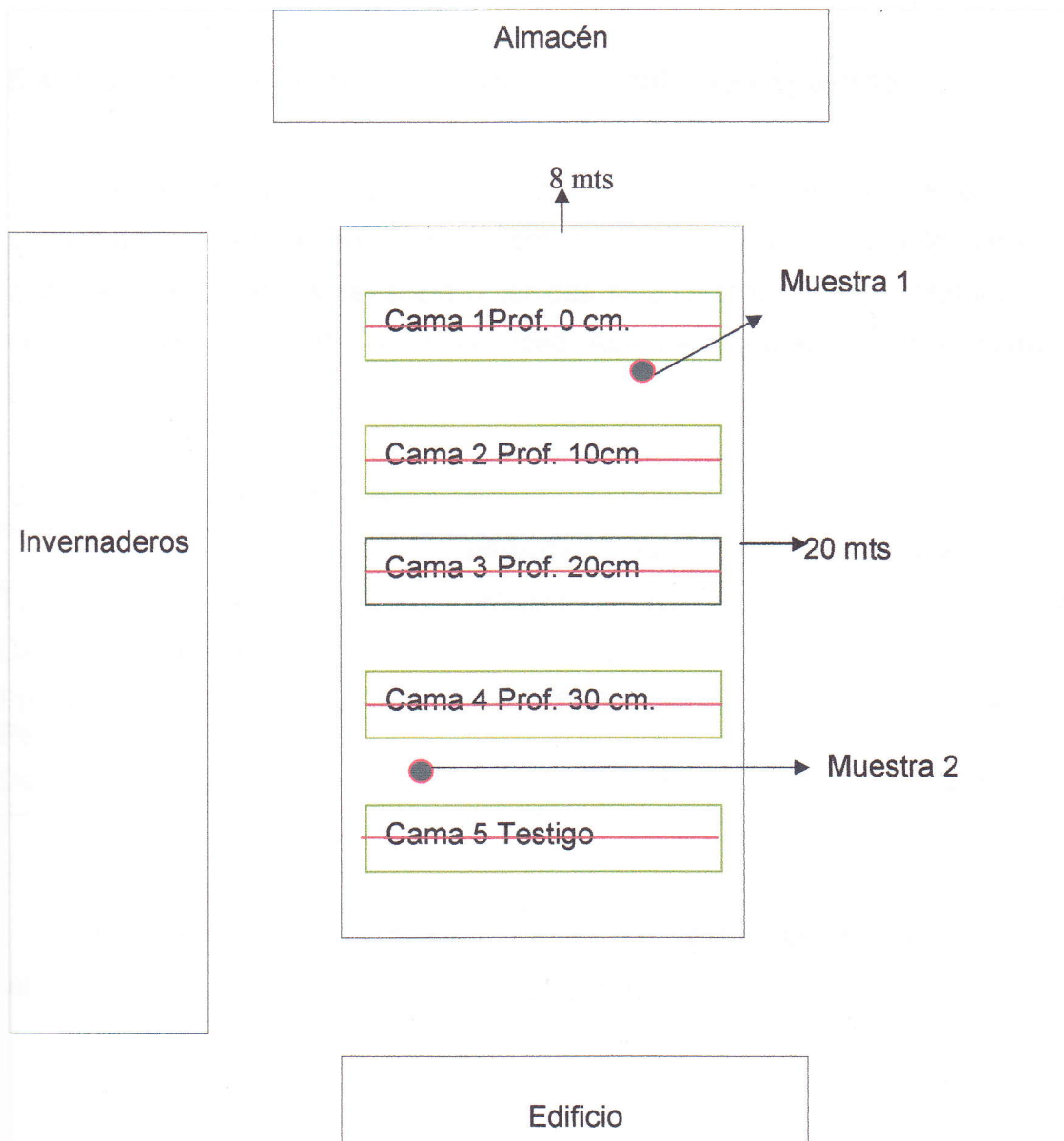


Figura 4 Croquis del campo experimental.

5.3. Preparación del suelo.

La preparación de suelo del lote experimental consistió en un barbecho seguido de doble paso de rastra y la nivelación del terreno con pendiente cero, así como el suelo bien mullido, y un trazo de riego.

5.4. Características físico y químicas del lote experimental.

Se realizaron dos puntos de muestreo al azar en el lote experimental a profundidades de 0-30 cm. y 30-60 cm. para determinar las características físicas y químicas. Las muestras del suelo obtenidas se analizaron en el laboratorio de análisis de agua-suelo-planta de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna.

Cuadro 2. Resultados de análisis físicos.

	Muestra 0 - 30 cm.	Muestra 30 - 60 cm.
Textura	Migajon Arenosa	Migajon Arenosa
Capacidad Campo	22.61 %	23.59%
Punto de Marchitez Permanente	12.33 %	12.94%
Densidad aparente	1.33 gr/cm ³	1.29 gr/cm ³

Los resultados de las determinaciones químicas se presentan en el (cuadro 1 en el anexo).

5.5 Tratamientos.

Los tratamientos evaluados en esta investigación fueron 4 y un testigo, y consistieron en colocar la cintilla a diferente profundidad. Figura 5.

Las líneas regantes fueron colocadas con un espaciamento de 3.60 metros entre línea y línea, para poder tener una mejor lectura en los muestreos, no permitir el traslape de bulbos de humedad entre camas.

La cintilla fue colocada al centro de los surcos o cama de cada uno de los tratamientos.

En el cuadro 3 se observan los diferentes tratamientos donde el testigo en el tratamiento 1 es sin acolchar y la cintilla superficialmente, el tratamiento 2 con acolchado la cintilla fue colocada en la parte superior y centrada del tratamiento, el tratamiento 3 con acolchado y la cintilla enterrada a 10 cm de profundidad, el tratamiento 4 con acolchado y su cintilla estaba enterrada a 20 cm de profundidad y el ultimo tratamiento 5 con acolchado con la cintilla a 30 cm de profundidad.

Los muestreos del suelo en forma vertical fueron de 20, 40,60 cm de profundidad para cada uno de los tratamientos y con un espaciamento horizontal de muestreo de suelo de 0, 15,30 y 45 cm.

Cuadro 3. Tratamientos.

Numero de Tratamiento.	Tratamiento Del muestro del suelo.	Profundidad Vertical en cm.	Espaciamento. Horizontal en cm.
1	Testigo	20, 40, 60	0,15,30,45
2	0 cm	20, 40, 60	0,15,30,45
3	10 cm	20, 40, 60	0,15,30,45
4	20 cm	20, 40, 60	0,15,30,45
5	30 cm	20, 40, 60	0,15,30,45

5.6. Acolchado.

Después de haber muestreado se procedió a levantar las camas o surcos con una distancia de ancho de 1.60 m y de separación de 2.00 m, posteriormente se colocó la cintilla a diferentes profundidades y enseguida se procedió a colocar el plástico. La colocación del plástico se realizó por medio de una acolchadora mecánica y se utilizó un plástico de color negro con un espesor de 150 micras y un ancho de 1.20 m.

5.7. Dinámica espacial de humedad.

La dinámica espacial de la humedad del suelo se determinó por muestreo, utilizando el método gravimétrico. Estos muestreos se efectuaron cada tercer día para los estratos 0 - 20, 20 - 40 y 40 - 60 cm. Utilizando para esto barrena, Vehimeyer y de tornillo.

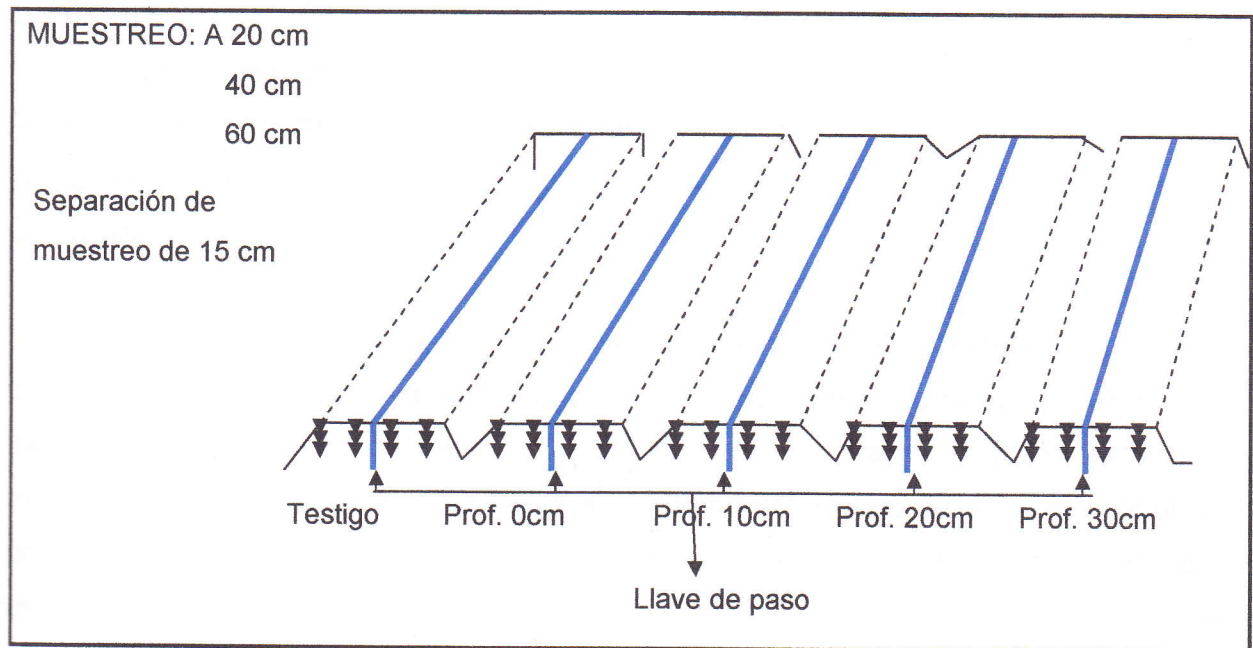


Figura 5. Tratamientos a diferentes profundidades de cintilla v muestreo del

5.8. Riego.

El agua utilizada para proporcionar los riegos al experimento fue extraída del pozo profundo, propiedad del campo experimental del CENID-RASPA.

La aplicación del riego fue por medio de una motobomba de 1 HP, y su línea principal estaba compuesta por un tubo de un diámetro de 1" con 4 líneas regantes con cintilla 8 mil y un gasto de 0.6828 lts/h y una presión de operación de 10 psi, la aplicación del riego se efectuó cada tercer día.

El tiempo de riego se determinó aplicando la siguiente fórmula:

$$Tr = \frac{A * Lr}{Q}$$

Donde:

Tr = Tiempo de riego (hr).

A = Área de humedecimiento bajo el acolchado (m²).

Lr = Lámina de riego (m).

Q = Gasto (l/s).

La determinación de la lámina de riego se realizó muestreando por medio del método gavimétrico cada uno de las camas. Las muestras a pesar en el laboratorio dando como resultados de peso de suelo húmedo y estas mismas muestras se metieron a una estufa durante 24 horas a una temperatura de 120⁰ C, y al concluir el periodo ya mencionado se volvieron a pesar para poder obtener el siguiente dato que es el peso de suelo seco, entonces se procedió a capturar los datos en Excel para poder determinar, el porcentaje de humedad y así poder manejar la fórmula de la lámina de riego que se requirió aplicar al suelo.

La formula aplicada para determinar la lámina de riego fue:

$$Lr = ((CC - PS\%) * Da * Pr) / 100$$

Donde:

CC = Capacidad de campo (%).

PS = Peso de suelo (%).

Da = Densidad aparente (gr/cm^3).

Pr = Profundidad de raíz (cm).

Lr = Lámina de riego (cm).

5.9. Surfer.

Programa de simulacion para el cual se requirio capturar los datos en un programa de excel para poder hacer la simulacion de las graficas como si manejaramos el eje de coordenadas teniendo como valor de las X los datos del espaciamento del muestreo y como Y los datos de la profundidad y por ultimo se capturaron los resultados del muestreo. Posteriormente se capturaron o se copian al programa de simulacion y como resultados se obtubo una grafica.

5.10. Estación climatológica.

La estación climatológica automatizada se programo a cada 15 minutos utilizando cinco sensores de temperatura de suelo, temperatura ambiente.



Figura 6 Estación Climatologica.

5.11. Temperatura de suelo.

Los sensores de temperatura del suelo se colocaron en el tratamiento a 10 cm de profundidad y en el testigo, y fueron instalados pegados a la cintilla y una separación de 15 cm entre uno y otro, colocados a una profundidad de 10 cm.

VI RESULTADOS Y DISCUSION.

6.1 Humedad del suelo.

El presente trabajo de investigación se enfoco en realizar muestreos de humedad a diferentes profundidades tanto como en forma vertical y horizontal los muestreos se realizaron después de la aplicación de la lamina de riego, esta misma lamina se aplico para todos los tratamientos. Los resultados obtenidos del muestreo gavimétrico se utilizaron para un programa de modelo de simulación.

En la figura 7 testigo , en los resultados se observa que los muestreo 1, 2, 3 y 4 del suelo no son uniformes, quizás esto es debido a que se tiene evaporación del agua de riego, y la cintilla se encuentra en la parte superficial del suelo.

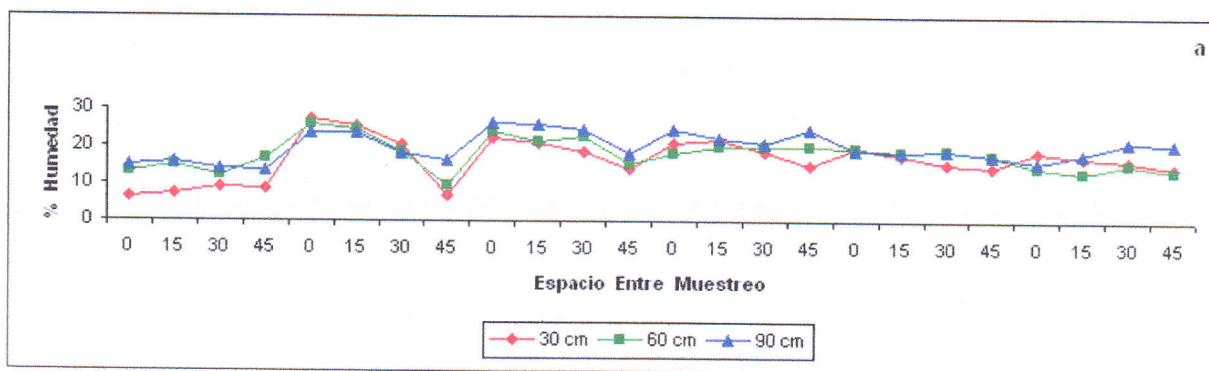


Figura 7 Datos Reales de los muestreos del suelo en el tratamiento testigo.

En los tratamientos 0, 10 20, Figura "8, 9 y 10 la distribución del agua en el suelo se observa a partir del segundo muestreo se tiene uniformidad en los tres profundidades del perfil del suelo 20, 40, 60 cm, quizás esto se debe a la utilización del acolchado plástico.

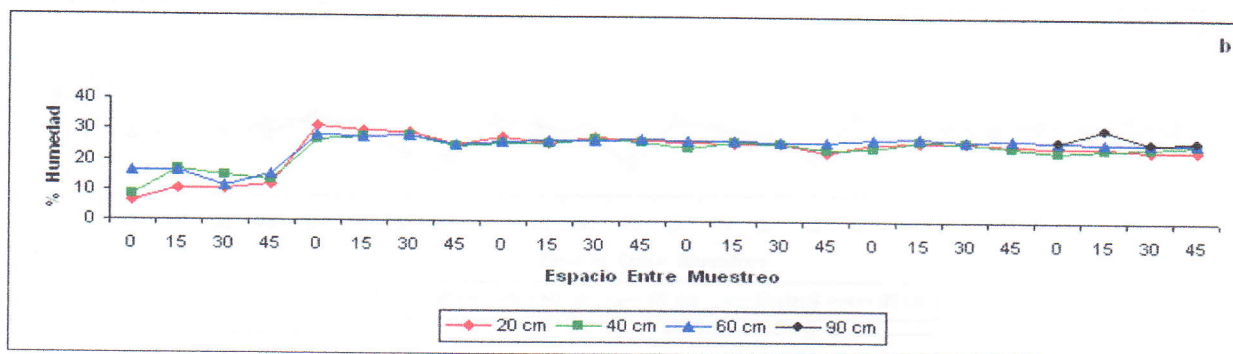


Figura 8 Datos Reales de los muestreos del suelo en el tratamiento con acolchado cintilla a 0 cm de profundidad.

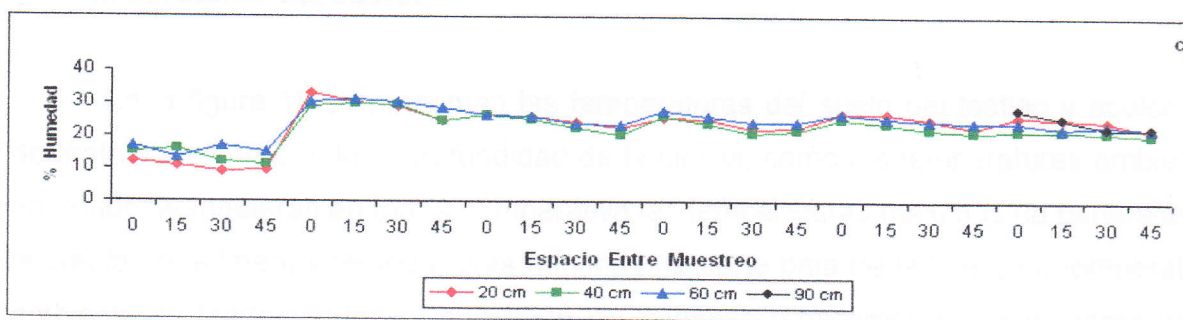


Figura 9 Datos de los muestreos del suelo en tratamiento 3 con acolchado cintilla a 10 cm de profundidad.

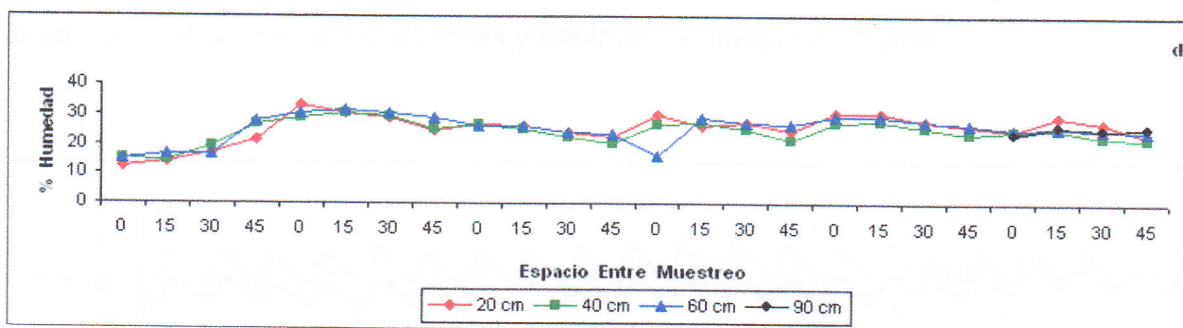


Figura 10 Datos de los muestreos del suelo en el tratamiento con acolchado cintilla a 20 cm de profundidad.

En el tratamiento 5 de 30 cm de profundidad de la cintilla, se observa que la distribución del agua en los primeros muestreos no es uniforme en los tres estratos, a partir del cuarto muestreo se distingue la uniformidad del agua en el suelo, quizás esto es debido a la profundidad de la cintilla.

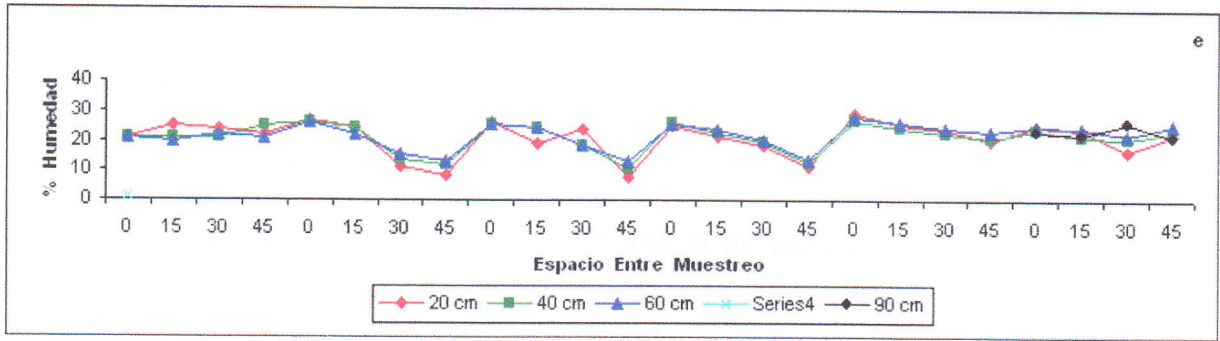


Figura 11 Datos Reales de los muestreos del suelo en el tratamiento 5 con acolchado cintilla a 30 cm de profundidad.

6.2 Temperaturas del suelo.

En la figura 12 se presentan las temperaturas del suelo del testigo y acolchado del tratamiento 10 cm de la profundidad de la cintilla, como las temperaturas ambiente, en donde se muestran en forma comparativa las temperaturas máximas (la parte alta de la cresta de la línea) y temperaturas mínimas (la parte baja de la línea) La temperatura ambiente su tendencia indica que tanto las mínimas y máximas son superiores en el tratamiento con acolchado y testigo, en los tratamientos con acolchados se tiene temperaturas más altas, tanto en las máximas como en las mínimas, a diferencia del testigo sin acolchado. El uso del plástico como acolchado, amortigua los cambios bruscos de la temperatura máximas y mínimas del medio ambiente.

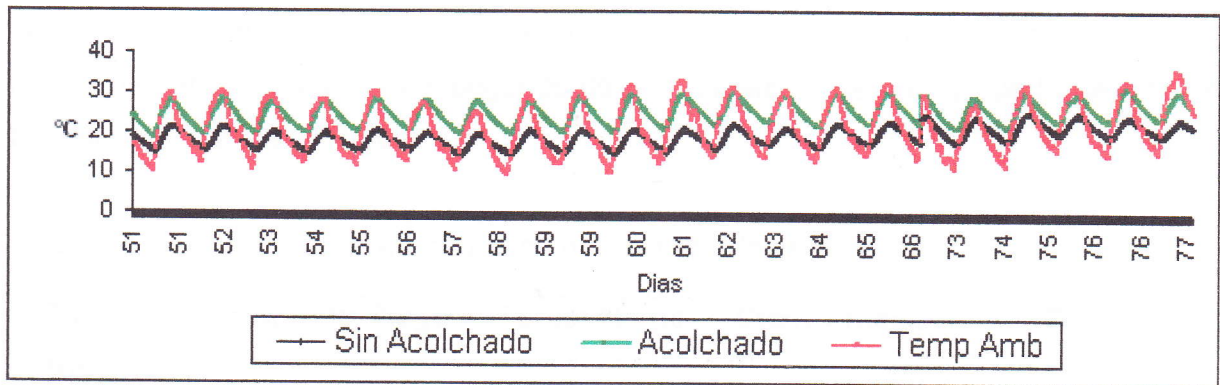


Figura 12 temperaturas del suelo con sensor al centro de la cama testigo y tratamiento 3.

En la figura 13 se muestran las temperaturas del suelo a la distancia de 15 cm del centro de la cama, sin acolchado, (testigo), y acolchado, en donde la tendencia es muy semejante a la grafica 12.

Con acolchado plástico si se incrementa la temperatura suelo con un promedio de 5.5°C más a diferencia del testigo. Este incremento es favorable debido a que se tiene una mejor precocidad, desarrollo del fruto, desarrollo de la planta, esto lo cita (Martínez, 2004, Robledo 1980)

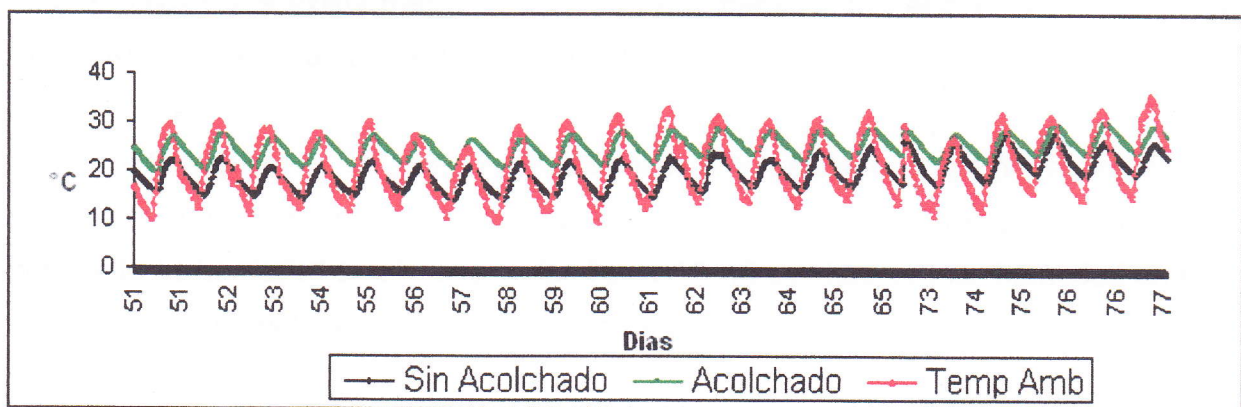


Figura 13 Temperatura del suelo con sensor a 15 cm después de la cintilla.

6.3 Riego.

En el cuadro 4 Se presenta la lámina de riego aplicada en centímetros, de acuerdo a los resultados del muestreo de suelo, en donde el primer riego fue de una lamina de riego de 12.97 cm el segundo de 7.61 el tercero de 4.92 y cuarto de 2.15 cm teniendo un total de 25.40 cm.

Cuadro 4 Lámina de riego aplicada por igual a todos los tratamientos.

Primer Riego	Segundo Riego	Tercer Riego	Cuarto Riego	Total cm
12.97 cm.	7.61 cm.	4.92 cm.	2.15 cm.	25.50 cm.

6.4 Distribución espacial de la humedad en el suelo.

La distribución de la humedad en el suelo en las diferentes tratamientos se compara gráficamente de los resultados obtenidos del programa Surfer, en el que se realizaron las gráficas correspondientes para cada uno de los tratamientos y para ver la diferencia en forma visual, se hizo la comparación tomando en cuenta las diferentes escalas de valores de humedad de cada una de los tratamientos. En la escala de valores en colores nos indican que los más tenues de las gráficas, así como en la escala indican que existe menor contenido de humedad y por el contrario los colores más oscuros tienen un contenido de humedad más alto.

En las figuras 14, 15, 16, 17, 18, se observa el resultado del primer muestreo del suelo, en donde el contenido de humedad de las figura 14, 15, 16, fue de 16 el máximo por ciento de humedad en el suelo en las figura 12, 13 se observó mas humedad en esa área con un contenido de máxima humedad de 25 %.

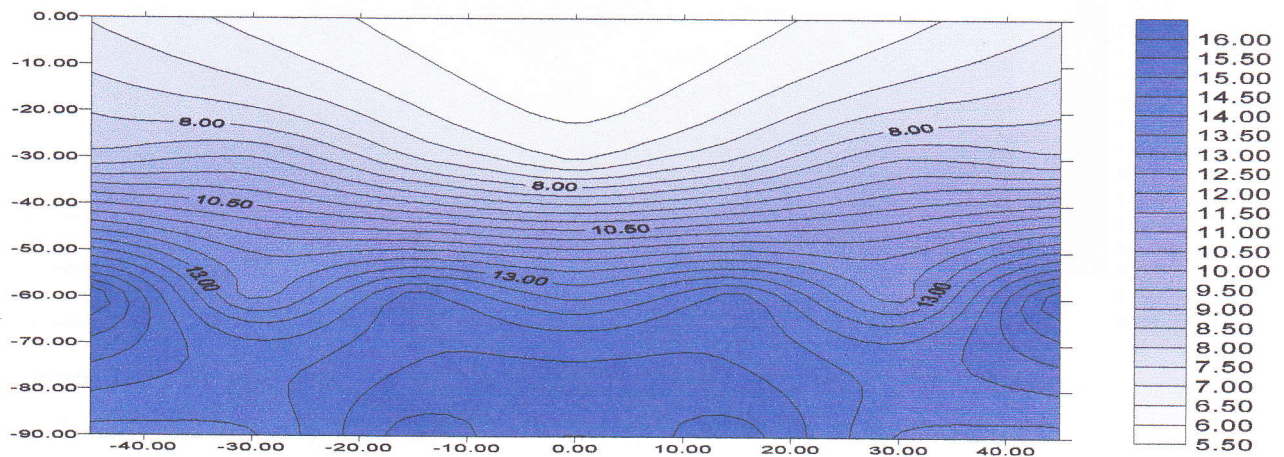


Figura 14 Curva isohídrica del tratamiento 1 testigo sin acolchar cintilla superficial del primer muestreo.

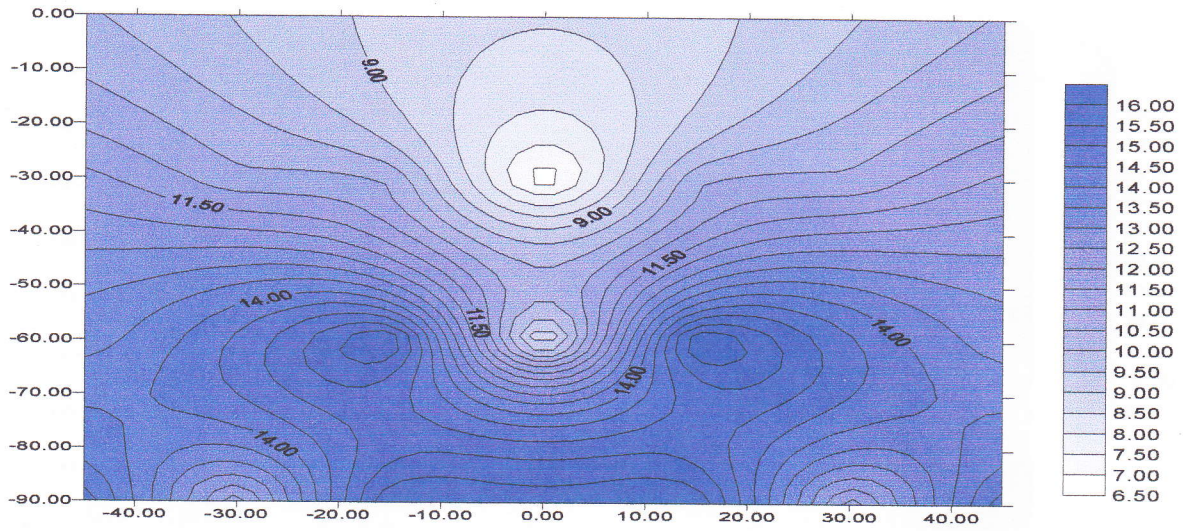


Figura 15 Curva isohidrica de tratamiento 2 a 0 cm de prof. con acolchado del primer muestreo.

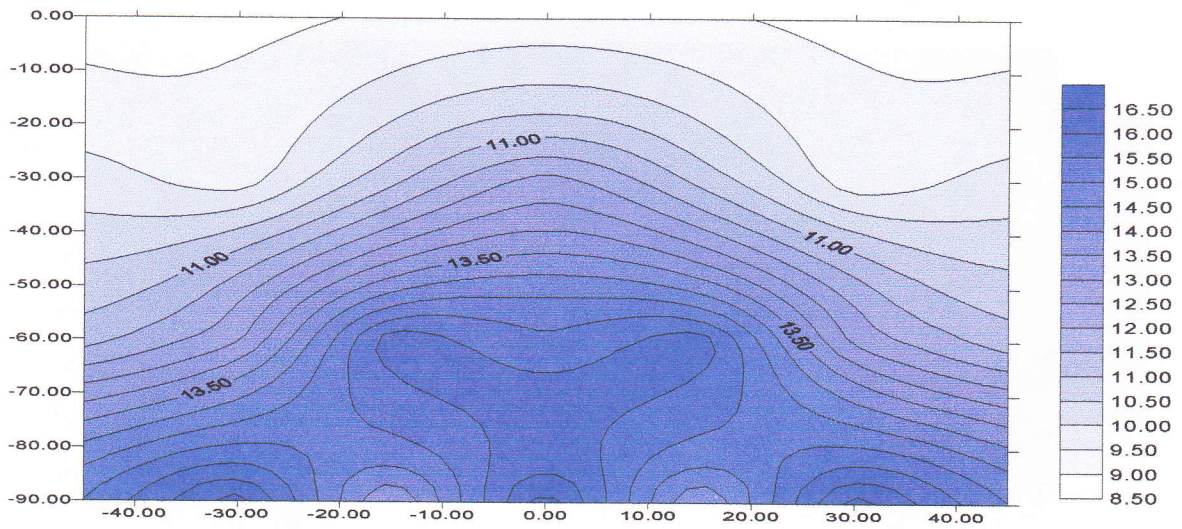


Figura 16 Curva isohidrica del tratamiento 3 a 10 cm. de prof. de la cintilla, con acolchado del primer muestreo.

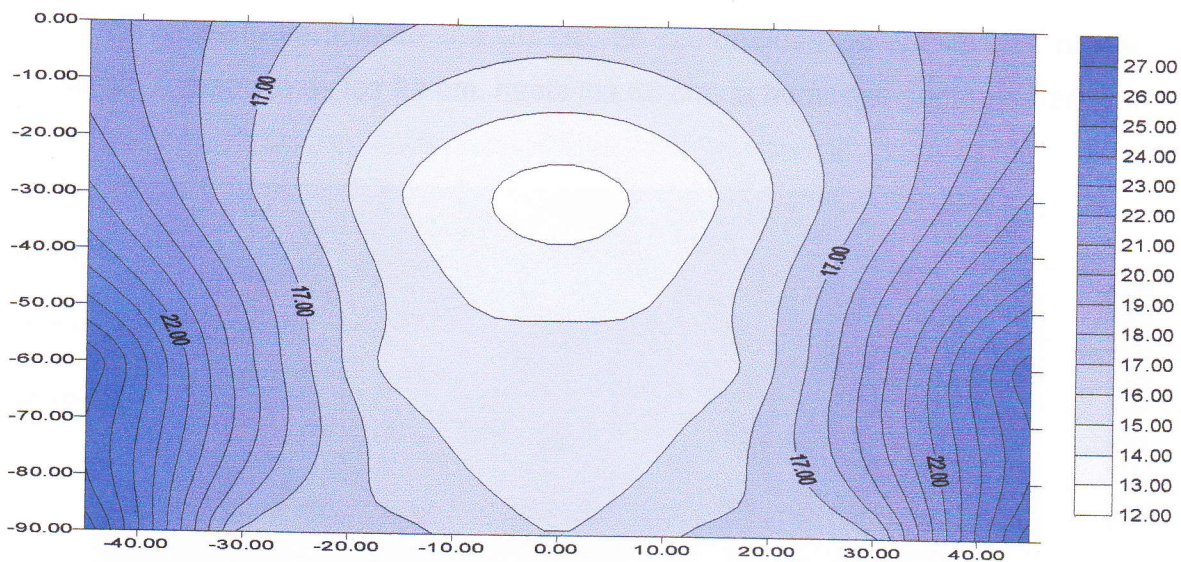


Figura 17 Curva isohidrica del tratamiento 4 a 20 cm de prof. de la cintilla, con acolchado del primer muestreo.

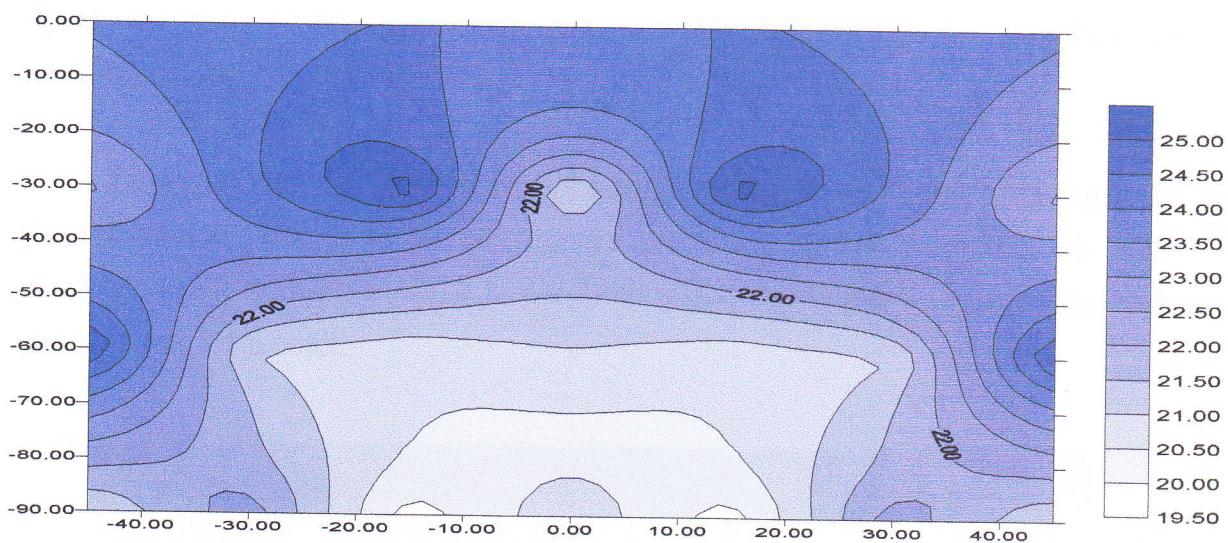


Figura 18 Curva isohidrica del tratamiento 5 a 30 cm de prof. de la cintilla, con acolchado del primer muestreo.

En la figura 19 del quinto muestreo la distribución de humedad en el suelo del Testigo (sin acolchar, cintilla colocada en la parte superficiales del suelo) la máxima humedad después del cuarto riego fue de 19 % en el tiempo real de muestreo, se observó en el modelo de simulación, que la humedad del suelo, es baja y que no es uniforme el bulbo de mojado, debido a que la superficie del suelo esta expuesta a la evaporación.

En la parte vertical de 0 a 20 cm. de profundidad se obtuvo una humedad de 16.50 %. Y después de los 20 cm. hasta los 60 cm. la humedad aumenta hasta un 19%.

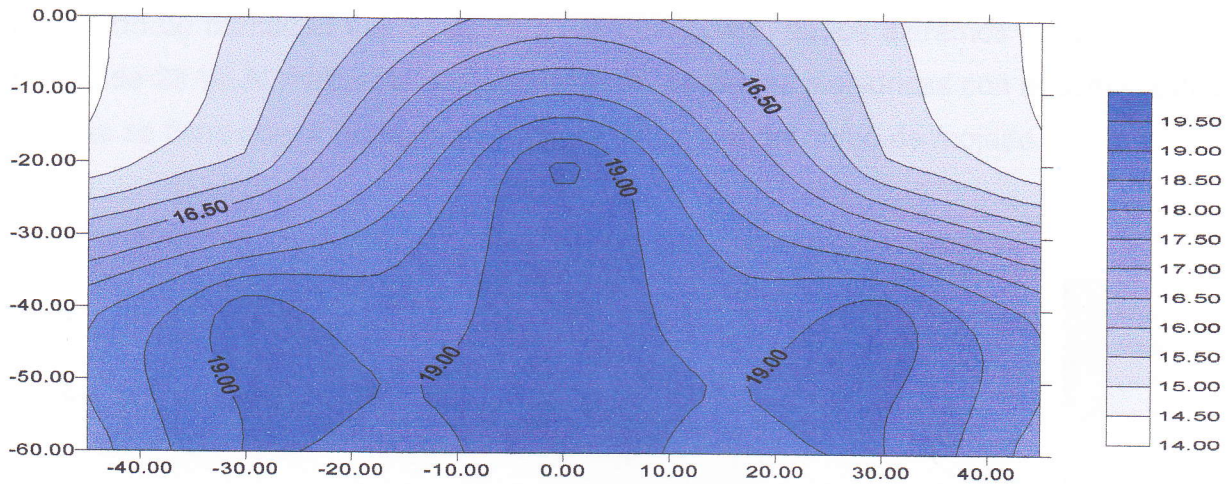


Figura 19 Curva isohidrica del tratamiento 1 testigo sin acolchar cintilla superficial del quinto muestreo.

En el tratamiento 2 (0 cm cintilla superficial con acolchado) en la figura 20 se observa que la humedad se incremento en forma lateral y vertical es uniforme obteniendo una humedad de 26 % La uniformidad del bulbo de mojado es uniforme vertical como horizontal.

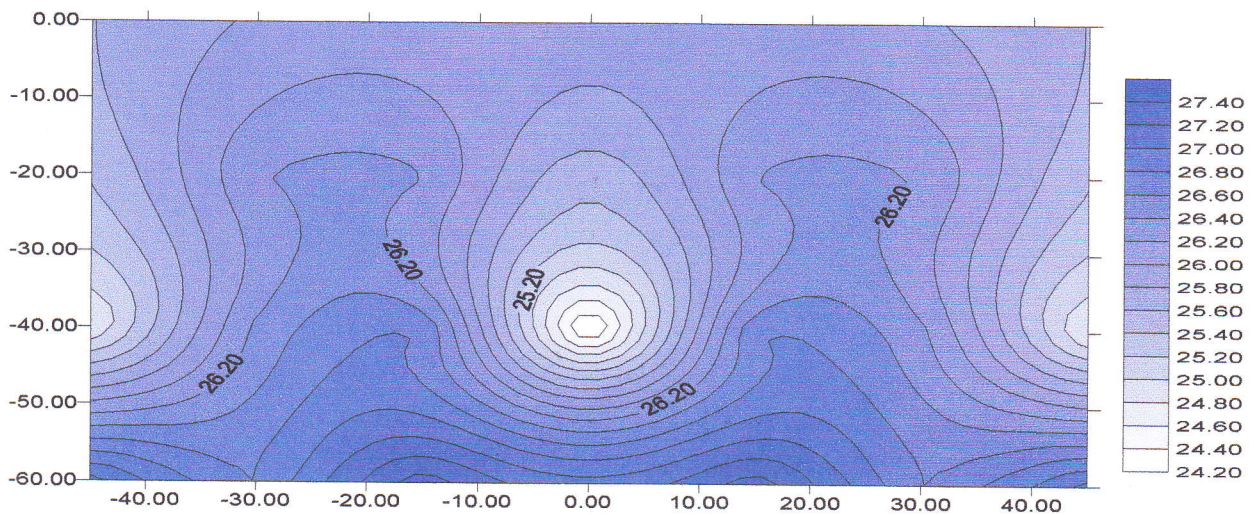


Figura 20 Curva isohidrica del tratamiento 2 a 0 cm de prof. con acolchado del quinto muestreo.

En la figura 21 del tratamiento 3 (cintilla a 10 cm de profundidad con acolchado) se observa que las curva isohidrica es mas uniforme en la parte del centro donde esta colocada y enterrada la cintilla, se observa bien formado el bulbo de mojado, donde el contenido de humedad fue de 27 % en todo el bulbo, en los extremos la humedad es menor de 23 %. Al realizar la comparación de las curvas isohidricas con la cama testigo en esta se tiene mayor humedad y mejor uniformidad del bulbo de mojado.

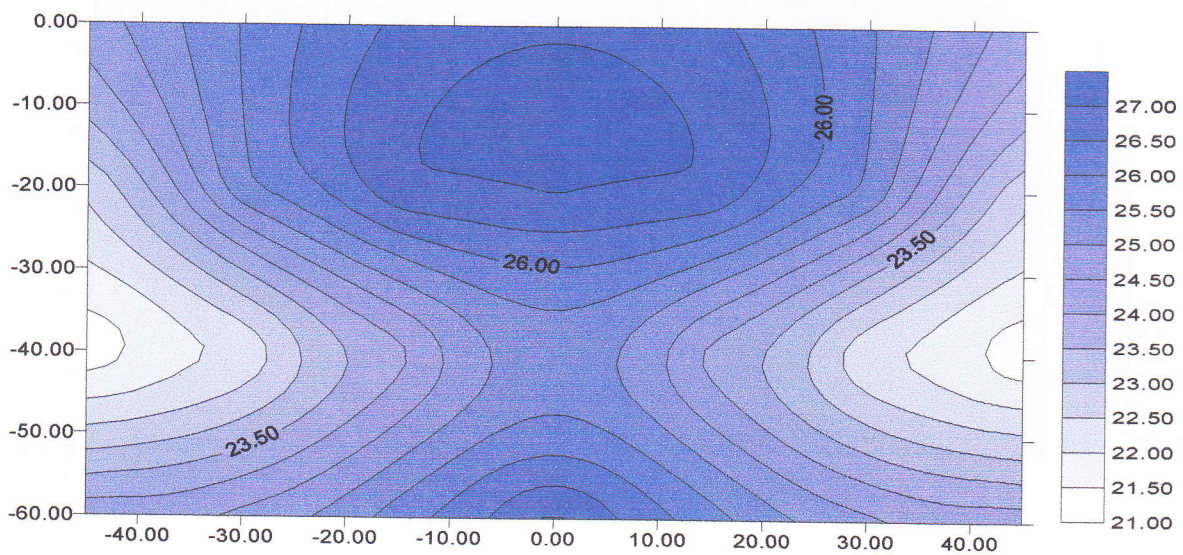


Figura 21 Curva isohidrica del tratamiento 3 a 10 cm. de prof. de la cintilla, con acolchado del quinto muestreo.

Figura 22 se observa la uniformidad del bulbo de mojado en la parte del centro donde esta colocada y enterrada la cintilla a los 20 cm. En todo el horizonte del perfil se observa bien formado el bulbo de mojado, el contenido de la humedad del suelo fue de 30 % en toda el área de los 90 cm, de forma vertical, de los 60 cm de profundidad, la simulación de humedad es muy uniforme teniendo un promedio de 27 %.

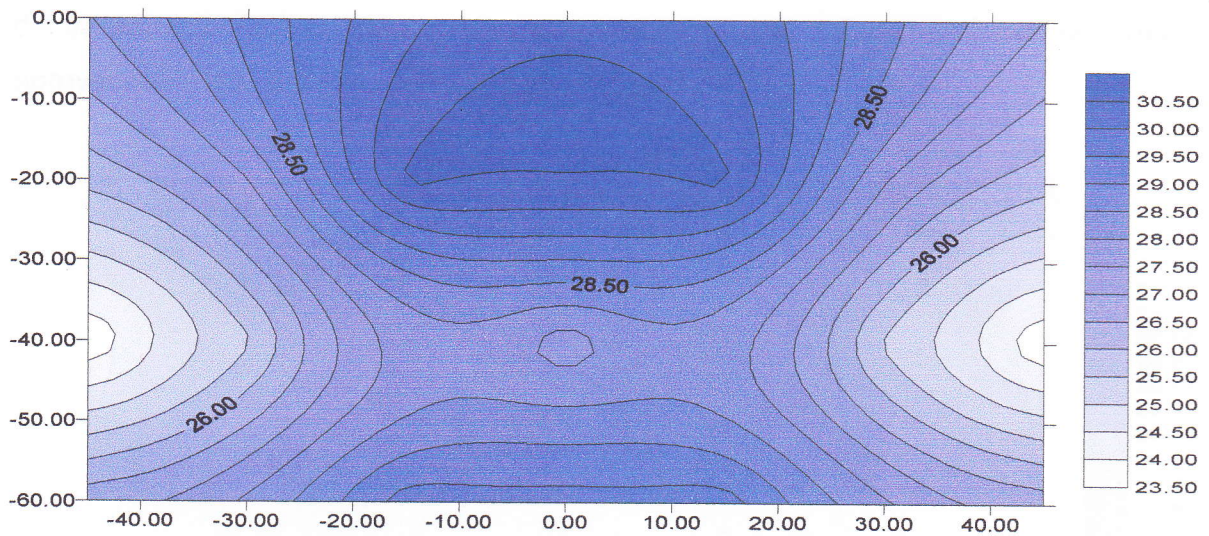


Figura 22 Curva isohidrica en el tratamiento 4 a 20 cm de prof. de la cintilla, con acolchado del quinto muestreo.

En la Figura 23 se observa la forma del bulbo de mojado en la parte del centro de la figura o de las (Curva isohidricas) en donde esta colocada y enterrada la cintilla a los 30 cm de profundidad. El bulbo formado en este corte vertical de la simulación del suelo se observa la humedad más alta hasta los 60 cm profundidad.

En toda el área simulada la humedad esta concentrada en los 50 cm del centro del tratamiento y en los extremos es menor la humedad, más sin embargo es humedad aprovechable por la planta en todo este horizonte.

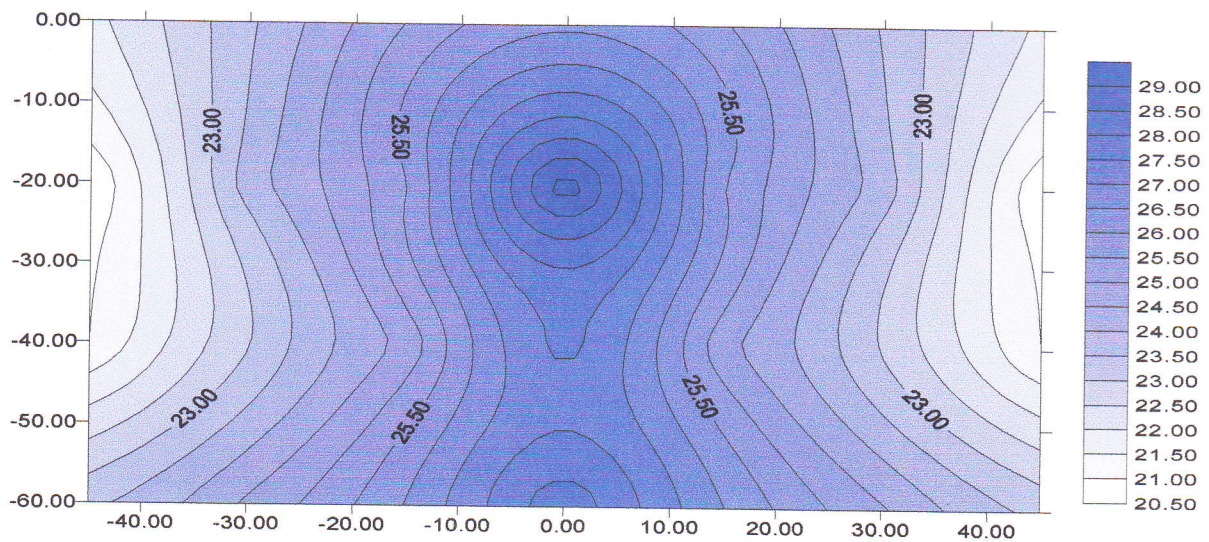


Figura 23 Curva isohidrica del tratamiento 5 a 30 cm de prof. de la cintilla, con acolchado del quinto muestreo.

Al realizar la comparación de las diferentes profundidades 0, 10, 20, 30, cm de las cintillas con acolchado se observó que se tiene uniformidad de la distribución del agua tanto en forma vertical como horizontal en el modelo de simulación. (Yépez 2004, Martínez 2003.)

Al comparar el tratamiento testigo figura 19 con los demás tratamientos, se observa que no es uniforme el bulbo de mojado debido a que la superficie del suelo esta expuesta a que el agua de riego se evapore.

A diferencia de los tratamientos 0, 10, 20 y 30 cm de profundidad de la cintilla con acolchado estos están cubiertos con el plástico y hacen más eficiente el agua de riego. (Robledo y Martín 1981, Rojas 2001, Martínez 2003.)

VII. CONCLUSIONES.

La distribución espacial de humedad del suelo con el acolchado y diferentes profundidades de cintilla se tiene mejor distribución espacial del suelo.

El acolchado plástico incrementa la temperatura del suelo con un promedio de 5.5°C más a diferencia del testigo.

En los tratamientos 0, 10, 20, 30 cm con acolchado, se observó uniformidad de la distribución del agua a las distintas profundidades del perfil del suelo 20, 40, 60 cm.

En el testigo no se encontró uniformidad en el bulbo de mojado del suelo.

IX LITERATURA CITADA.

Anuario Estadístico de la Producción Agropecuaria (2002). Secretaria de Agricultura Ganadería y Desarrollo Rural.

Anuario Estadístico de la Producción Agropecuaria (2000). Secretaria de Agricultura Ganadería y Desarrollo Rural.

Baver, I.D., W.H. Gardner y W.R. Gardner, (1980), Física de Suelos Editorial UTEHA, MEXICO. Pág. 196-204.

Castilla, P.N (1983), Manejo de Agua en Invernaderos con el Sistema de Riego por Goteo, Congreso Internacional de Agricultura con plásticos, Guadalajara Jalisco, México.

Castaños Carlos Manuel (2000), Horticultura Manejo Simplificado, Universidad Autónoma Chapingo Pág., 106.

Díaz S., T. 2001. Los Acolchados Capitulo 9. Los filmes Plásticos en la Producción Agrícola. Editorial Mundi Prensa. Pág.275.

Donrroso Carlos (2003). Introducción a la Edafología, Departamento de Edafología Química Agrícola. Universidad de Granada España. Unidad Docente e Investigador de la Facultad de Ciencias.

Fuentes Yague Jesús / García Legaspi Guillermo, (1999). Técnicas de Riego, 1^{ra} Edición. Editorial mundi – Prensa, México.

Fuentes, Y.J.L. (1990). Folleto Divulgativo, Servicio de Extensión Agrícola, Madrid España.

- Fitz Patrick E A (1985), Suelos su Formación Clasificación y Distribución. Segunda Edición en español Editorial Continental, Abril. Pág. 15 – 26.
- García de Alba J. (1996) Productores de Hortalizas "Manual de Acolchado 2 parte" Artículo publicado en el Numero de Mayo.
- García Casillas Ignacio, Briones Sánchez. Gregorio (1997) Sistemas de Riego por Aspersión y Goteo Editorial Trillas Edición 1ª México. Pág. 208.
- Ibarra, J. L, y Rodríguez, P. A (1991) Acolchado de Suelos con Películas plásticas. Primera Edición Editorial Limusa. México, D.F. Pág. 25.
- Medina San Juan José A. (2000), RIEGO POR GOTEO Teoría y Práctica. Edición Cuarta Editorial Mundi – Prensa. México D.F. Pág 105.
- Martínez S., J. (1991). Uso de las Películas de Plástico en la Producción Agrícola. Manejo con arropado Plástico. Pág. 117.
- Martínez S.,J., C Medina Tomas, R. Macias Hilario, C Vuelvas Marco A (2004) Tres Espaciamientos del Transplante en la Perforación del Acolchado Plástico en el Cultivo de Chile Primera Convención Mundial del Chile INIFAP CENID RASPA Pág. 221.
- Martínez S., J. y L. F. Flores L. (2003) Agricultura Protegida. Cáp. 5. INIFAP CENID-RASPA Pág. 105.
- Narro Farías, Eduardo (1994) Física de Suelos: con Enfoque Agrícola Edición Primera Editorial Trillas: México Pág.52- Pág.78, 79.
- Rojas Peña Lindolfo (2000) Fertirriego y Plasticultura Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Buenavista, Saltillo, Coahuila, Edición Primera, en México. Pág. 9.

Robledo de P., F y L. Martín V. (1981). Aplicación de los Plásticos en la Agricultura Acolchamiento de Suelos con Filmes de Plástico. Pág. 150.

Robledo de Pedro Félix, Luís Martín Vicente. 1980. Aplicación de los Plásticos en la Agricultura, Ediciones Mundi Prensa, Madrid -1. Pág.146.

Salunkhe D.K., S. S Kadam (2004), Tratado de Ciencia y Tecnología de las Hortalizas, Editorial Acribia, S.A, Edición Primera, España Pág. 382-383.

SAGARPA-CEA (2001). Anuarios Estadísticos de la Producción Agrícola de los Estados Unidos Mexicanos.

Thamane, R.V.D.P Motiramani y Y.P Bali (1983), Suelos: Su Química y Fertilidad en Zonas Tropicales, Editorial Diana. México. Pág. 34-38.

T. Díaz, E Espi, A. Fontecha, J López (2001) Los Filmes Plásticos en la Producción Agrícola Mundi Prensa.

Vacchia (1994) Producción de Hortalizas "Aumenta sus Ganancias con Acolchado de Plásticos" Artículo publicado en el numero de septiembre.

Valdez L., A. (2001) Producción de Hortalizas. Editorial Uteha. Pág. -149.

Yépez Tafoya Edgar Melchor, (2004). Tesis Licenciatura: Distribución y Temporal de la Humedad en el Suelo con y sin Acolchado Plástico bajo Riego por Cintilla. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Torreón Coah. Pág. 15.

(<http://www.quantitativa.cl>).

(<http://www.lycos.com>).

(<http://www.infoagro.com>).