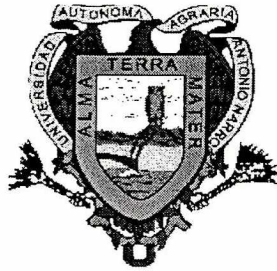


**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA
" ANTONIO NARRO "
UNIDAD LAGUNA**

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONOMICAS



**DISTRIBUCIÓN ESPACIAL Y TEMPORAL DE LA HUMEDAD EN EL
SUELO CON Y SIN ACOLCHADO PLÁSTICO BAJO RIEGO POR
CINTILLA.**

POR:

EDGAR MELCHOR YÉPEZ TAFOYA

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER

EL TITULO DE:

INGENIERO AGRONOMO EN IRRIGACIÓN

TORREÓN, COAH., MEX.

JUNIO DE 2004.

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

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

**DISTRIBUCIÓN ESPACIAL Y TEMPORAL DE LA HUMEDAD EN EL SUELO
CON Y SIN ACOLCHADO PLÁSTICO BAJO RIEGO POR CINTILLA.**

POR

EDGAR MELCHOR YÉPEZ TAFOYA


APROBADA POR:

ASESOR PRINCIPAL



M.C. FEDERICO VEGA SOTELO

COASESOR



M.C JOSEFINA MARTINEZ SALDAÑA

COASESOR



M.C. MIGUEL RIVERA GONZALEZ



M.C. JOSÉ JAIME LOZANO GARCÍA

COORDINADOR DE CARRERAS AGRONOMICAS

TESIS

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

INGENIERO AGRONOMO EN IRRIGACIÓN**APROBADA POR:**

M.C. FEDERICO VEGA SOTELO**PRESIDENTE**

M.C. JOSEFINA MARTÍNEZ SALDAÑA**VOCAL**

M.C. ERNESTO LUNA DAVILA**VOCAL**

Ph. D VICENTE DE PAUL ALVAREZ REYNA**VOCAL SUPLENTE**

M.C. JOSÉ JAIME LOZANO GARCÍA**COORDINADOR DE CARRERAS AGRONOMICAS**

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, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), EN Gómez Palacio, Dgo. bajo la dirección y asesoría de M. C. Josefina Martínez Saldaña.

DEDICATORIA

A Dios por darme salud y tiempo para estar aquí.

A mis Padres

J. Melchor Yépez García

Margarita Tafoya García

Por ser los mejores del mundo, por tener toda la paciencia conmigo, por tener todo su apoyo incondicionalmente y por darme un gran regalo ... la vida. Infinitas gracias...

A mis Hermanos

Víctor Hugo , Abraham Eduardo, Julio Cesar .

Por todos los momentos que he pasado junto a ellos, por su apoyo y esos momentos de alegría inolvidables que siempre estarán en mi mente y corazón.

A mis Abuelitos

Manuel Tafoya y Manuela García

Salomón Yépez y Teresa García

Por sus bendiciones, sus sabios consejos y su apoyo incondicional, que por ellos somos una gran familia.

A todos mis tíos y Primos.

Por su apoyo moral y en ocasiones económico.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por dejarme vivir y compartir momentos especiales.

A todos mis compañeros y amigos de la generación 1999-2003 de Ingeniero Agrónomo en Irrigación

Juan Sánchez.
Simón González.
Elvis Lechuga.
Eduardo Chávez.

Maurilio Flores.
Fernando Hernández.
Ma. Lourdes Ortiz.
Jesús Manuel

A José Luis Garfías, Toño Lara, Omar Domínguez, Elena, Rocío Martínez, Julio Zaavedra, Lesly Orozco, Vitolas, Norma Tapía, Paco Ledesma, Edna Díaz, Guillermo y Sergio Llanderal, a Martha Ortega por su gran comprensión y cariño, a todos ellos que de alguna u otra forma compartieron momentos especiales en esta etapa de mi vida

Jorge Niño Patiño. Por saber ser amigo y el mejor entrenador.

A mi "ALMA MATER" que sin su existencia no podría haber hombres de bien para esta sociedad.

AL DR. Juan Estrada Avalos Investigador del CENID RASPA de Gómez Palacios Dgo. Por el asesoramiento para realizar este trabajo.

MC. Josefina Martínez Saldaña. Por el gran apoyo ofrecido para la realización y revisión de este trabajo.

MC. Miguel Rivera González. Por el gran apoyo ofrecido para la realización y revisión de este trabajo.

MC. Federico Vega Sotelo Por las facilidades ofrecidas para la realización y revisión de este trabajo, muchas gracias.

Al personal del CENID RASPA por el gran apoyo que me brindaron para la realización de este trabajo. Especialmente a Don. Adelo Castro.

A todos mis catedráticos del departamento de Riego y Drenaje y a todas aquellas personas que contribuyeron de manera directa o indirectamente para mi formación académica.

INDICE

	Pagina
INDICE DE CONTENIDO	VII
INDICE DE CUADROS	IX
INDICE DE FIGURAS	X
INDICE ANEXOS	XI
RESUMEN	
1.INTRODUCCIÓN	2
1.1. OBJETIVOS	3
2. REVISIÓN DE LITERATURA	4
2.1. SUELO	4
2.1.1. Propiedades físicas	4
2.1.2. Propiedades químicas	8
2.2. SISTEMA AGUA SUELO	9
2.2.1. Clases de agua en el suelo.	9
2.2.2. Expresiones de humedad en el suelo.	10
2.2.3. Contenido de humedad en el suelo.	11
2.2.4. Definición de curva de retención de humedad.	12
2.3. MOVIMIENTO DE AGUA EN EL SUELO.	12
2.3.1. Movimiento de agua en suelos saturados	13
2.3.2. Movimiento de agua en suelos no saturados	13
2.3.3. Medición del bulbo húmedo.	14
2.4. RIEGO.	16
2.4.1. Riego localizado.	17
2.5. HORTALIZAS EN MÉXICO.	20
2.6. APLICACIONES DE LOS PLÁSTICOS EN AGRICULTURA	21
2.6.1. El acolchado	22

3.MATERIALES Y MÉTODOS	25
3.1. Localización	25
3.2. Variables climáticas.	25
3.3. Análisis de suelo.	26
3.4. Diseño experimental.	28
3.4.1. Tratamientos.	28
3.4.2. Área de estudio.	29
3.4.3. Kriging en programa Surfer.	30
3.4.4. Descripción resumida del método Kriging.	30
3.5. Trabajo de campo.	32
3.5.1. Preparación del terreno.	32
3.5.2. Acolchado.	32
3.5.3. Riegos.	32
3.5.4. Muestreos.	33
3.5.5. Recopilación de datos.	34
3.5.6. Determinación de volumen.	34
4. RESULTADOS Y DISCUSIONES.	36
4.1. Volumen de agua por tratamiento.	36
4.2. Datos estadísticos.	38
4.3. Distribución (forma gráfica)	39
5.CONCLUSIONES	45
6. BIBLIOGRAFIA	46
7. ANEXOS	50

INDICE DE CUADROS

Cuadro	Pagina
1. Principales países que aplican el riego localizado.	18
2. Características físicas.	27
3. Características químicas.	27
4. Datos de densidad aparente por estratos.	29
5. Tratamientos en estudio.	29
6. Volumen de agua en cm^3 por cada 7200 cm^3 de suelo/ día.	37
7. Correlación existente entre tratamientos y datos correlacionados, con un nivel de significancia a .05000.	39

INDICE DE FIGURAS

Figura	Pagina
1. Forma del bulbo húmedo según sea el tipo de suelo.	16
2. Curva de retención del suelo por estratos.	28
3. Area de estudio y distribución de tratamientos.	30
4. Ubicación espacial de los muestreos de humedad del suelo con respecto a la localización.	35
5. Muestra los datos de humedad promedio graficados en el programa Surfer.	36
6. Representación gráfica del comportamiento de los datos volumétricos.	38
7. Comportamiento de valores de volumen acumulado.	38
8. Curva Isohidricas en el tratamiento de cintilla superficial con acolchado.	40
9. Curvas Isohidricas en el tratamiento de cintilla subterránea con acolchado.	41
10. Curvas Isohidricas en el tratamiento de cintilla subterránea sin acolchado plástico.	42
11. Curvas Isohidricas en el tratamiento de cintilla superficial sin acolchado plástico.	43

INDICE DE ANEXOS

INDICE DE CUADROS

Cuadro		Pagina
1.	Descripción de datos estadísticos.	50
2.	Datos promedio de humedad del tratamiento Cintilla subterránea con acolchado.	50
3.	Datos promedio de humedad del tratamiento Cintilla superficial con acolchado.	51
4.	Datos promedio de humedad del tratamiento Cintilla subterránea.	52
5.	Datos promedio de humedad del tratamiento Cintilla superficial.	53

INDICE DE FIGURAS.

1.	Evaporación durante los muestreos.	54
2.	Comportamiento de temperaturas durante los muestreos.	55

DISTRIBUCIÓN ESPACIAL Y TEMPORAL DE HUMEDAD EN EL SUELO CON Y SIN ACOLCHADO PLÁSTICO BAJO RIEGO CON CINTILLA

RESUMEN

El presente trabajo fue llevado a cabo en los lotes experimentales del centro Nacional de investigación Disciplinaria en Relación Agua, Suelo, Planta, Atmósfera (CENID-RASPA INIFAP). Ubicado en Canal Sacramento Km 6.5 margen derecha Gómez Palacio, Durango, desde Enero de 2004 hasta Junio 2004.

En él, se compararon cuatro tratamientos que consistieron en acolchado con riego por cintilla superficial, acolchado con riego por cintilla subterránea, riego por cintilla superficial sin acolchado, riego por cintilla subterránea sin acolchado, tomando en cuenta la correlación entre tratamientos y con algunas variables climáticas como temperatura máxima, temperatura mínima, evaporación y horas luz.

Por lo que la importancia de este trabajo fue demostrar que se puede eficientar el uso del agua aplicando riego por cintilla bajo cobertura plástica y también ver cual es su distribución bajo ésta, representado gráficamente por medio de programas computacionales como el Surfer y Statistica este para determinar que tratamientos son estadísticamente diferentes.

1. INTRODUCCIÓN

Una de las tecnologías en desarrollo que permite utilizar los sistemas de riego, el acolchado de suelo y los fertilizantes, es el riego por goteo y la plasticultura, se ha demostrado que estas técnicas contribuyen significativamente en el incremento de los rendimientos, debido a que imponen una mayor eficiencia en el manejo y nutrición de las plantas con respecto al medio ambiente, esta técnica aplicada en diversas formas propicia condiciones más óptimas para el desarrollo de los cultivos, obteniendo una mayor cantidad y calidad de productos, además permite generar alimentos en épocas propicias sobre todo cuando el producto es limitado en el mercado dado que no ha sido previamente programado; asimismo, basándose en las características de esta técnica puede aplicarse en una gran diversidad de condiciones.

La Comarca Lagunera es una región ubicada al suroeste del Estado de Coahuila, Durango. En esta región, durante los últimos años se han utilizado 1900 millones de m^3 de agua de los cuales más del 90% se destino para el riego de cultivos agrícolas. De este volumen, el 62% es agua de origen subterráneo y el resto es agua de escurrimiento superficial (Presa Lázaro Cárdenas ubicada en Nazas, Dgo). Se estima que son suficientes 800 millones de m^3 para satisfacer la demanda de agua por los cultivos agrícolas establecidos en la laguna y el resto, 900 millones de m^3 se pierden por conducción y bajas eficiencias de riego a nivel parcelario. (Godoy, 2000).

Lo anterior ha ocasionado que el agua sea un recurso cada vez más escaso y caro, situación que es similar en gran parte de México. Por tanto es prioritario utilizar métodos de conservación y aplicación del vital líquido (Camp, 1998).

Por lo que esta región, como las otras del país, cuenta con un clima semi-árido que limita el aprovechamiento del recurso hídrico natural, lo que hace necesario la utilización de nuevas técnicas de riego que combinadas con otras

como el acolchado de suelos permiten obtener un incremento en la eficiencia del uso del agua.

1.1. OBJETIVOS

- * Analizar la distribución espacial del contenido de humedad de un suelo con acolchado plástico.
- * Cuantificar la cantidad de humedad en la zona radical de los cultivos

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Suelo

2.1.1. PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS SUELOS

La matriz del suelo sirve de varias y muy valiosas formas, no sólo como una base sobre la cual las plantas se sostienen en posición vertical, sino también como una fuente de nutrientes y proveedor de un buen balance entre la aereación y el contenido de humedad aprovechable por las plantas (García y Briones, 1997).

Textura

La textura y estructura del suelo tiene influencia sobre las fuerzas intermoleculares y la " succión " del agua en suelos no saturados. Esas fuerzas pueden ser sustanciales e incluyen la capilaridad y las fuerzas de atracción como resultado del cercano contacto entre las partículas sólidas del suelo. La textura del suelo y la estructura también tienen gran influencia sobre la porosidad y la distribución del tamaño de los poros por lo cual la permeabilidad de los suelos al aire, agua y las raíces es tan importante para las plantas como un adecuado suministro de nutrientes. De hecho, el sistema completo del agua - suelo - planta esta interrelacionado de tal forma que la falta o falla de uno de los componentes pueden cancelar los beneficios de todos los otros.

Profundidad

La profundidad del suelo es importante porque ésta establece la cantidad del agua y nutrientes que se pueden almacenar, como también los limites físicos de la zona radicular. Los suelos poco profundos o superficiales limitan el crecimiento de las raíces.

Las practicas de la irrigación son influenciadas por el grado de proliferación de las raíces tal que el suministro de agua aprovechable para la planta esta limitado por el volumen de suelo que contenga el sistema radicular del cultivo. Diferentes cultivos tienen diferentes formas en el crecimiento de sus raíces por lo tanto, diferente manera de extraer la humedad del suelo. Obviamente, un cultivo con raíces poco profundas requerirá riego mas frecuentes que un cultivo con raíces amplias y profundas bajo las mismas condiciones de capacidad de retención de humedad en el suelo.

Densidad

Dorronsoró (2003), comenta que el suelo como todo cuerpo tiene dos densidades. (densidad media de sus partículas sólidas) y la densidad aparente (teniendo en cuenta el volumen de poros).

La densidad aparente refleja el contenido total de porosidad en un suelo y es importante para el manejo de los suelos (refleja la compactación y factibilidad de circulación de agua y aire). También es un dato necesario para transformar muchos de los resultados de los análisis de los suelos en el laboratorio (expresados en porcentaje en peso) a valores de porcentaje en volumen en el campo.

Permeabilidad

Otra de estas características que se toman en cuenta para el movimiento del agua es la permeabilidad que representa la facilidad de circulación del agua en el suelo. Es un parámetro muy importante que influirá en la velocidad de edafización y en la actividad biológica que puede soportar un suelo.

Por eso la velocidad de infiltración no es siempre la misma para un suelo, pues depende de las condiciones de humedad y el grado de compactación, principalmente. Cuando el suelo se encuentra seco la infiltración tiene sus máximos valores y luego conforme cada vez esta más húmedo su capacidad de admitir más agua es cada vez menor hasta que en condiciones de saturación total alcanza un valor constante llamado velocidad de infiltración básica. (Dorronsoro, 2003).

Compactación.

El suelo esta compuesto de partículas minerales, materia orgánica y espacio poroso. El espacio poroso esta lleno en su mayoría con agua y aire. Un suelo ideal tiene 50 % de partículas sólidas (90% partículas minerales y 10% materia orgánica) 50% es espacio poroso (50% agua y 50% aire).

La materia orgánica del suelo es un ingrediente muy importante afectando la densidad aparente y la compactación.

La materia orgánica actúa como un agente esponjoso para ligar las partículas de arena, limo y arcilla en los agregados del suelo.

Los agregados del suelo son más grandes que las partículas básicas, por lo tanto hay usualmente mas espacio poroso porque los grandes agregados no se unen muy bien. Esta relación de las partículas del suelo y el espacio poroso es a menudo llamado estructura del suelo. Procesos tales como la labranza intensiva reduce la agregación (destruye la estructura del suelo), esto da cómo resultado un menor espacio poroso. El contenido de materia orgánica contribuye a la estabilidad de los agregados, los suelos húmedos son muy inestables excepto cuando se congela. (Donal, 2001).

Causas de la compactación.

El suelo es compactado cuando el espacio poroso es reducido y la densidad aparente incrementa. Cualquier proceso que incremente la densidad aparente o disminuya el espacio poroso es causa de la compactación del suelo. (Donal, 2001).

Las causas naturales de la compactación incluyendo glaciares de la edad de hielo y raíces tuberosas del desarrollo de las plantas. La compactación en la edad de hielo podría estar aun presente en el subsuelo no removido inmune al humedecimiento y secado y a los ciclos de congelamiento y descongelamiento. La plantas con raíces grandes o tuberosas, tal como la remolacha y la papa, causan algunos efectos de compactación pero estos efectos son usualmente temporales porque ocurren en el suelo superficial. El tipo de suelo (textura) influye grandemente en el grado de compactación del suelo.

Efectos de la compactación del suelo

Proveen síntomas para determinar si existen problemas de compactación. La mayoría de estos efectos son destructivos. Sin embargo, en algunos casos de compactación delgada pueden ayudar a la germinación y crecimiento de la planta en tiempos de baja humedad del suelo así como poca lluvia o en suelos con baja capacidad de retención o almacenamiento de agua. (Donal. 2001).

Perfil Hídrico

Normalmente en el suelo existe un gradiente de humedad, de forma que no todos los horizontes del suelo se representan con el mismo grado de humedad en un momento determinado. A la curva que representa el estado de humedad del

suelo con la profundidad se le llama perfil hídrico. Como es lógico el perfil hídrico de un suelo varía a lo largo del año. (Dorronsoro, 2003),

2.1.2. PROPIEDADES QUÍMICAS DEL SUELO

Propiedades químicas del suelo pueden influir en el movimiento de agua en el suelo al afectar las propiedades hidráulicas de éste. Los suelos que tienen un exceso de sales son calificados como salinos, y los suelos que tienen un exceso de sodio intercambiable se definen como suelos sodicos. Los suelos sodicos tienden a tener una muy pobre estructura debido a sus propiedades de expansión o contracción lo cual tiende a reducir el espacio poroso. Esto afecta enormemente la permeabilidad del suelo al agua.

Un suelo salino retardará o impedirá la germinación y puede sustancialmente reducir el crecimiento de la planta debido a la alta presión osmótica que se desarrolla en la solución agua - suelo y la planta. Esas presiones, las cuales parecen ser independientes del tipo de sales presentes, impiden grandemente la habilidad de la planta para absorber agua. En suma, a los efectos adversos causado por la salinidad pueden incluirse, el desbalance nutricional o el daño de sustancias tóxicas causadas por iones específicos (por ejemplo, el boro, el cual es tóxico aun en pequeñas cantidades). En suficiente concentración, aun sales benéficas (fertilizantes tales como el potasio y nitratos) pueden ser tóxicos para las plantas.

Además de las características del suelo mencionadas anteriormente, el suelo debe también tener un adecuado suministro de nutrientes aprovechables para la planta. Muchos elementos químicos son esenciales y necesarios para obtener buenas cosechas de los cultivos, esos elementos químicos incluyen calcio, carbono, hidrogeno, hierro, magnesio, nitrógeno, potasio, fósforo, entre otros. (García y Briones, 1997).

2.2. SISTEMA AGUA - SUELO

Una vez estudiadas las propiedades del suelo se analiza la interacción existente agua-suelo ya que la cantidad de agua que se proporcione al suelo, tomando en cuenta la forma en que esta se mueve en el terreno y la cantidad que dicho suelo pueda almacenar, indispensable para la vida y el crecimiento de las plantas.

2.2.1. CLASES DE AGUA EN EL SUELO.

Los espacios entre las partículas forman una red de cavidades conectadas entre sí, de una variedad infinita de formas y dimensiones. Al suministrar agua en un suelo seco, ya sea por lluvia o por riego, esta se adhiere a las partículas del suelo por fuerzas de adhesión y cohesión; desplaza al aire en las cavidades y finalmente, llena los poros.

Cuando los poros, grandes y chicos quedan llenos, se dice que el terreno esta saturado y a su máxima capacidad de retención, debido a esto la película de agua alrededor de las partículas aumenta de espesor hasta que, las fuerzas de cohesión, que sostiene las películas de agua son menores que la fuerza de gravedad, provocando así su infiltración. Esta agua se infiltra por acción de las fuerzas de la gravedad se conoce como agua de gravedad o agua libre. (Aguilera, Martinez, 1980).

Al suspender el suministro en la superficie, ésta continúa colocándose por entre dichos poros durante varios días hasta que el agua libre logra filtrarse. Los poros se vuelven a llenar de aire y el agua contenida en los poros pequeños sigue moviéndose por capilaridad, por lo cual se conoce como agua capilar.

Esta penetra más lentamente que el agua de gravedad y se mueve en cualquier dirección en respuesta a diferencias de tensión.

En términos generales y en condiciones normales, la capilaridad actúa libremente hasta 1.2 o 1.5 m de altura, relativamente bien hasta 3 m, y más lentamente hasta 9 m o más.

La evaporación en la superficie y la absorción de humedad de las plantas en crecimiento, reducen la cantidad de agua en el suelo hasta el punto que se observa movimiento de capilaridad. El agua queda confinada herméticamente en forma de capas muy delgadas alrededor de las partículas del suelo; no puede ser aprovechada por la planta y esta comienza a marchitarse. Finalmente, el suelo queda tan seco que causa la muerte de la planta si se demora el suministro de agua al suelo. La parte restante del agua queda retenida entre las partículas superficiales, especialmente en los coloides del suelo, en forma tal que pierde su estado líquido y se desplaza como vapor. Este tipo de agua se conoce como agua Higroscópica (Aguilera y Martínez, 1980).

Cabe aclarar que no existe una línea clara de separación entre estos tres tipos de agua del suelo. La proporción en que se encuentra cada uno de ellos depende de la textura, de la estructura, contenido de poros, contenido de materia orgánica, de la temperatura y del espesor del perfil del suelo considerado.

2.2.2. EXPRESIONES DE LA HUMEDAD DEL SUELO

Esto se refiere a la clasificación basada en la disponibilidad de agua con relación a los vegetales. (Torne, 1965).

Agua de gravitación. Agua drenada por acción de la gravedad de la zona radicular de los cultivos; este drenaje es más rápido en suelos arenosos que en los arcillosos.

Agua no disponible. Es el agua que se encuentra retenida por la fuerza capilar y que a las plantas se les dificulta mucho su aprovechamiento.

Agua disponible o Humedad aprovechable. Es el agua que puede ser aprovechada por la planta y se define como la diferencia entre el agua de gravitación y la no - disponible. (Aguilera y Martinez,1980)

2.2.3. CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO.

Entre un suelo saturado y un suelo muy seco, existe una variación muy considerable en su contenido de humedad; este contenido se expresa generalmente en porcentaje respecto al peso del suelo seco, es decir, la relación de peso de agua contenida a peso del suelo seco, multiplicada por cien.

Con el objeto de tener siempre un patrón constante, se dice que un suelo está seco cuando se ha secado en una estufa, a una temperatura de 105⁰ - 110⁰ durante 24 horas o hasta obtener un peso constante.

El contenido de humedad se puede expresar por medio de la siguiente ecuación:

$$P_s = \frac{P_{sh} - P_{ss}}{P_{ss}} * 100$$

Donde :
 P_s = Contenido de humedad ,%.
 P_{ss} = Peso de suelo seco, gr.
 P_{sh} = Peso de suelo húmedo, gr

2.2.4. DEFINICIÓN DE CURVA DE RETENCIÓN DE HUMEDAD

Ordaz (1999) define a la curva de retención de humedad como la representación gráfica de la variación del contenido de humedad y a la fuerza con que las partículas de suelo retienen el agua (tensión).

A la humedad del suelo con succión matricial específica se le denomina retentividad. La curva de máxima desorción se inicia en el punto de saturación del suelo, mostrándose una retentividad progresiva incrementada por los valores de succión, recibiendo el nombre de curva de retención de humedad. La curva de retención de humedad también se le llama curva desorción. Estas permiten estimar la cantidad de agua de fácil aprovechamiento (succión baja) y la de difícil aprovechamiento (succión alta) por las plantas.

Los términos sorción y desorción, como aplicación al suelo, usualmente se refiere a los procesos de carga y descarga de agua. Sorción es referido para incremento en el contenido de agua, y la desorción es el proceso contrario.

2.3. MOVIMIENTO DE AGUA EN EL SUELO.

Dorrnsoro (2003), dice que el agua está sometida a dos tipos de fuerzas de acciones opuestas. Por un lado de las fuerzas de succión tienden a retener el agua en los poros mientras que la fuerza de gravedad tiende a desplazarla a capas cada vez más profundas. De esta manera si predominan las fuerzas de succión del agua queda retenida, mientras que si la fuerza de la gravedad es más intensa el agua se mueve hacia abajo.

Pero también el agua asciende en el suelo. Esto se debe a la capilaridad (efecto intenso en climas áridos) y por diferencia de humedad (los horizontes más profundos permanecen más húmedos al estar protegidos, por su lejanía de la

superficie del suelo, a las pérdidas de agua debidas a la evaporación y a la absorción de las plantas.

Por otra parte el agua no sólo se mueve en sentido vertical sino también lo hace en dirección lateral.

El comportamiento del agua en el suelo esta íntimamente ligado a la estructura de éste. Siendo ésta la constitución física de los minerales del suelo en particular el tamaño y distribución de los poros. El movimiento del agua en el suelo se da a través de los poros existentes entre partículas sólidas. La descripción de este fenómeno es muy compleja, debido a la geometría de los poros, que son los conductos transmisores del agua. Además, bajo sistemas de microirrigación el flujo del agua no llena los poros; o sea, el flujo es no saturado. (Zazueta, 1992)

2.3.1. MOVIMIENTO DEL AGUA EN SUELOS SATURADOS.

Se dice que un suelo está saturado cuando el gradiente de potencia hídrico esta controlado por fuerzas de gravedad. Esto sucede cuando el contenido de humedad está por encima de la capacidad de campo.

2.3.2. MOVIMIENTO DEL AGUA EN SUELOS NO SATURADOS.

Un suelo esta no saturado cuando el agua se mueve en películas que rodean a las partículas del suelo, este movimiento esta controlado por fuerzas de tensión superficial (Capilaridad) y no por fuerzas de gravedad en los poros, esto se representa cuando el contenido de humedad esta por debajo de la capacidad de campo.

Por lo que, si el agua entra a un suelo saturado, la dirección predominante del agua, es hacia abajo. Por el contrario, si dicho suelo no lo está tenderá a

moverse tanto verticalmente como horizontalmente. Si el suelo está muy seco, el movimiento lateral puede ser, por cierto tiempo, tan grande como el movimiento hacia abajo.

La cantidad de agua que entra en un suelo dado, es mayor cuando el suelo esta seco que cuando está húmedo, sin embargo el avance del agua a través del suelo húmedo es menor que cuando el suelo esta seco, la conductividad hidráulica disminuye bruscamente hasta que el suelo tiene aun 80% de la saturación, después de lo cual se mueve bastante rápido a la próxima partícula de suelo. (Aguilera y Martínez, 1980).

2.3.3. MEDICIÓN DEL BULBO HÚMEDO.

Se llama bulbo húmedo 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, que tiene una gran importancia, ya que en él se desarrolla el sistema radical de las plantas (Fuentes y García, 1999)

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 húmedo aumenta su tamaño más despacio.

La forma del bulbo está condicionada en gran parte por el tipo de suelo. En los suelos pesados (de textura arcillosa), la velocidad de infiltración es menor que en los suelos ligeros (de textura arenosa), lo que hace que la humedad sea mayor y el bulbo se extienda mas horizontalmente que en profundidad. Si se aplica la misma cantidad de agua en tres suelos con texturas diferentes, la forma del bulbo variará considerablemente. (Figura 1).

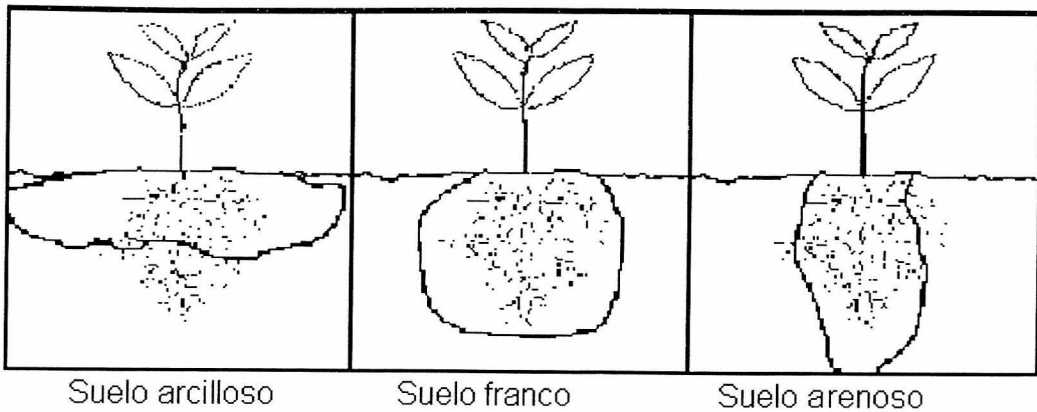


Figura 1. Forma del bulbo húmedo según sea el tipo de suelo.

Para que el bulbo moje una determinada superficie de suelo y el agua pueda ser absorbida por las raíces de las plantas adecuadamente se debe tener en cuenta como se extiende el bulbo horizontalmente. La extensión horizontal del bulbo no se puede aumentar indefinidamente incrementando el caudal del emisor y/o el tiempo de riego, y para seguir una extensión de agua adecuada hay que actuar sobre el número de emisores que se colocan en las cercanías de las plantas. Por otra parte, la profundidad del bulbo está relacionado con la velocidad de infiltración del suelo y con el tiempo de aplicación. Por ello es preciso tener en cuenta los factores que afectan a la forma del bulbo húmedo para decidir el número de emisores a colocar el caudal que deben suministrar para que se produzca una buena distribución del agua en el suelo.

El método más simple y directo para conocer el patrón de mojado que puede utilizarse con fines de diseño, es realizar una prueba de campo. Para ello, basta con un equipo sencillo, consiste en un depósito para agua de 1000 lts, compresora para introducir presión, tubería de polietileno y emisores. En cada punto se aplica el agua a la presión de operación, mediante el emisor correspondiente. Después de concluir la prueba se abre una zanja, para conocer la profundidad y radio de mojado. (Ledesma y Martínez, 1995).

2.4. RIEGO

El riego se define como el medio artificial de aplicar el agua a la zona radicular de los cultivos de forma que ésta sea utilizada al máximo.

Mas específicamente tenemos la definición de riego por goteo, que se define como el sistema que para conseguir mantener el agua en la zona radicular en las condiciones de utilización más favorables para la planta, aplica el agua gota a gota (Medina, 2000).

La tarea de irrigar es un arte antiguo como la propia existencia del hombre. Esto lo comprueban las ruinas de obras de riego encontradas en diversa regiones del mundo, tan distantes unas de otras como: Egipto, Irán, India y España. En América también existen indicios de que los habitantes de Perú, México y la parte suroeste de los estados Unidos practicaban el riego de tierras hace miles de años (Israelsen y Hansen, 1967). Históricamente, las civilizaciones han dependido, para lograr su desarrollo, de la agricultura bajo condiciones de riego; y en muchas de esas mismas áreas hoy en día, la irrigación continúa ofreciendo la base agrícola de la sociedad.

Sin embargo, cuando las limitaciones que restringen una completa relación entre agua – suelo - planta, no son consideradas ya sea por ignorancia o por falta de planeación, la actividad agrícola desaparece casi siempre. (García y Briones, 1997)

Cuando se suministra agua en cantidades adecuadas y constantes en una región que fue considerada árida se puede obtener buenos resultados en la producción agrícola, asegurándose así ganancias y prosperidad para el agricultor.

2.4.1. RIEGO LOCALIZADO

En sus distintas variantes, goteo, microaspersión, exudación, etc. Los Riegos Localizados de Alta Frecuencia (RLAF) han experimentado un desarrollo impresionante en los últimos años.

El grupo de trabajo de microirrigación de la Internacional Commission Irrigation and Drainage (ICID), realiza cada 5 años una encuesta a nivel mundial acerca de la utilización del riego localizado. Según la encuesta realizada en 1991 la superficie mundial de estos riegos era de 1,768,987 has, lo que representa un incremento del 63% en cinco años y del 329% en diez años.

Los primeros países del mundo son:

Cuadro 1. Principales países que aplican el riego localizado.

País	Has	% en has de riego localizadas frente al total de riego
Estados Unidos	606,000	3
España	160,000	4.8
Australia	147,011	7.8
Sudáfrica	144,000	12.7
Israel	104,000	48.7
Italia	78,600	4.7
Egipto	68,450	2.6
México	606,000	1.2
Japón	57,098	1.8
India	55,000	0.1

(Pizarro, 1996)

En las comarcas donde se implantan los Riegos Localizados de Alta Frecuencia (RLAF) se provoca una verdadera revolución agrícola, pues no se trata solamente de unos nuevos sistemas de riego, con sus ventajas e inconvenientes respecto a los sistemas tradicionales de aspersión o gravedad, sino que llevan consigo una nueva forma de cultivar y además, han realizado grandes extensiones de terrenos marginales (arenosos, gravosos muy accidentados, poco profundos, etc) que en seco eran improductivos y que representan dificultades para su transformación en riego por los sistemas convencionales. (Pizarro,1996).

En la gran mayoría de los países del mundo existen 2 métodos de riego los de gravedad y los presurizados. Por medio de estos métodos, en México se riega por riego presurizado aproximadamente,10%(600,000has) de la superficie bajo riego en el país, mientras que el 90% (5´400,000 has) restante se riega por gravedad. Los métodos de riego por surcos y melgas son los más comunes en el riego por gravedad, en tanto el goteo, microaspersión y la aspersión, son los que predominan en el riego parcelario presurizado. (CNA y IMTA 1997).

El riego localizado consiste en aplicaciones de agua más o menos restringida del volumen de suelo que habitualmente ocupan las raíces. Algunas características principales son:

Ventajas

1. Ahorro de agua, mano de obra, abonos, etc. Son normales ahorros de agua del 50% respecto a los sistemas convencionales y, en ocasiones, cifras superiores a éstas.
2. Posibilidad de regar cualquier tipo de terrenos, por accidentados o pobres que sean.

3. Aumento en la producción, adelanto de cosechas y mejor calidad de frutos como consecuencia de tener la planta satisfechas sus necesidades en agua y nutrientes en cada instante.
4. Permite realizar, simultáneamente al riego, otras labores culturales, pues al haber zonas secas, no presenta obstáculo para desplazarse sobre el terreno.
5. No altera la estructura del suelo.

Desventajas

1. Es un sistema caro de instalar
2. No todos los cultivos son rentables como para justificar las fuertes inversiones que el goteo supone.
3. En zonas frías y con cultivos sensibles a las heladas, el riego por goteo no protege contra las mismas, por lo que su uso debe descartarse.
4. Si se proyecta o se instala mal, se puede arruinar los terrenos de cultivo si no se riega de forma adecuada.
5. Obstrucción de goteros por las partículas que arrastra el agua, y que, en ocasiones, puede acarrear daños a la instalación y al cultivo.
(Mendoza, 2000).

La localización del agua en la proximidad de las plantas se manifiesta en que se modifican algunas características de las relaciones suelo-agua-planta, tales como: reducción de la evaporación, distribución del sistema radical, régimen de salinidad, etc. La alta frecuencia de aplicación del agua implica unas importantes consecuencias sobre su aprovechamiento ya que al estar siempre el suelo a la capacidad de campo o muy próximo a ella, las plantas absorben el agua con mucha facilidad.

El riego localizado incluye:

- Riego por goteo.- El agua se aplica mediante dispositivos que aplican gota a gota o mediante flujo continuo, con un gasto(Q) inferior a 16 lts/hr por punto de emisión o por metro lineal de manguera de goteo.

En el primero se utilizan emisores denominados goteros y en segundo cintas de riego, que pueden ser superficiales o subsuperficiales.

Riego por microaspersión .- El agua se aplica mediante dispositivos que la aplican en forma de lluvia fina, con caudales comprendidos entre 16 y 20 lts/hr por punto de emisión. (Fuentes y García, 1999).

2.5. Hortalizas en México

México es un país privilegiado por naturaleza asimismo cuenta con bondades en los recursos como la tierra, agua, clima y mano de obra apta para obtener resultados favorables en cosechas para el mercadeo interno y externo de productos especializados en la agricultura como son las hortalizas y las frutas.

La producción de hortalizas ocupa un lugar preponderante dentro de la producción agrícola nacional ya que con una superficie de solo 4% del total nacional, se genera el 11 % del producto agrícola de la nación y su valor significa el 20 % del total nacional a precios medios rurales.

En México el sector hortícola es autosuficiente, de los 14 millones de toneladas que se producen 11.2 se destinan a cubrir las necesidades internas de productos frescos de alta calidad y presentación. (González, 1998).

En el anuario estadístico comenta que en la región Lagunera en el año 1999-2000 hubo una superficie sembrada de 409,000 has de hortalizas con un costo de producción de 18,781,310 de pesos. (Sagarpa 2000).

Por lo que en los últimos años las hortalizas han cobrado un auge sorprendente desde el punto de vista de la superficie sembrada, y en el aspecto social debido a la gran demanda de mano de obra y a la captación de divisas que generan.

El desarrollo de la horticultura empezó en México a partir de 1960 poniendo especial énfasis en el periodo mas reciente, los años 90's.

Por lo que la superficie cosechada de las hortalizas creció entre 1960/61 y 1998, de aproximadamente 304, 600 a 640,000 ha, lo que representa una tasa media anual de crecimiento de 1.97%. la participación de las hortalizas en la superficie agrícola siempre ha sido muy reducida, variando entre 2.3 y 3.8%. (Schwentesiuss y Gómez 2000)

Teniendo como principales regiones productoras de hortalizas: Sinaloa, Guanajuato, Baja California, Veracruz, Michoacán, Sonora, Tamaulipas, Morelos, Nayarit, Jalisco, Colima y Guerrero. (Valdez, 2001)

2.6. Aplicaciones de los plásticos en agricultura

Esta técnica se define como la utilización de plásticos en la agricultura, su interés estriba por los grandes beneficios que se obtienen con su utilización ya que ha contribuido en gran medida a la solución de diversos problemas relacionados con el agro y puede afirmarse con certeza que los plásticos han revolucionado algunas de los prácticas de producción tradicionalmente más utilizadas.

Los materiales mayoritariamente utilizados para esta aplicación son el polietileno y copolímero EVA. Que se emplean en la fabricación de filmes de larga duración con y sin efecto térmico (recordemos que un filme se considera térmico cuando deja escapar del invernadero menos del 20 % de la radiación entre 7 y 14 micras, que es la responsable del enfriamiento del invernadero). Algunos filmes plásticos también tienen la propiedad de ser antigoteo. (infoagro.com, 2003).

2.6.1. EL ACOLCHADO

Nuestro país es considerado actualmente uno de los principales productores de hidrocarburos en el ámbito mundial, esta característica lo hace autosuficiente en la producción del material requerido, propiciando con esto que una gran parte de los agricultores se interesen por el uso de los materiales plásticos en diversas formas, sin embargo, todavía no se han recomendado para practicas adecuadas de manejo bajo diferentes sistemas de riego, dado las características específicas que deben reunir los plásticos para el acolchado de suelos y su relación con el cultivo.

Los principales factores que han determinado el uso de los plásticos en los sistemas de producción son: el abatimiento de los mantos acuíferos, condiciones climatológicas adversas, aspectos socioeconómicos y alimentarios. Por otra parte, debido a las estrategias en el desarrollo de tecnologías de punta enfocadas a resolver las demandas de alimentos que tiene el país, la Plasticultura ofrece grandes ventajas que benefician la economía del agro, si consideramos que aproximadamente el 67% del territorio esta constituido por zonas áridas y semiáridas. (Rojas, 2000).

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. (Rojas2000).

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.

Por otra parte, las películas plásticas tienden a oxidarse y degradarse fácilmente por la acción del oxígeno del aire y los rayos ultravioleta producidos por el sol, por lo tanto, es necesario añadir antioxidantes absorbentes de luz ultravioleta y otros aditivos para su mayor duración.

Según Rojas (2000) 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.

Las explotaciones agrícolas utilizan la técnica del acolchado para ahorrar agua, obtener cosechas más precoces y mayores, de mejor aspecto comercial y estado sanitario. El acolchado tiene efectos favorables sobre el suelo y el ambiente como: conservación de la humedad, mantenimiento de una buena estructura, mejor utilización de los abonos, protección en la nascencia de las plantas, menor número de frutos dañados y eliminación de las malas hierbas cuando se utilizan plásticos opacos.

Los plásticos que más se recomiendan son los negros o los bicolors, sin embargo, cada tipo presenta diferente comportamiento.

En la aplicación de plásticos existen ventajas y desventajas aquí unas de ellas:

Ventajas

- 1.- Eliminan y controlan las malas hierbas
- 2.- Aumentan la temperatura a la raíz.
- 3.- Ahorro de agua, energía y fertilizantes.
- 4.- Incremento considerable de la calidad y cantidad de la producción.
- 5.- Acelera la precocidad de frutos o cosechas.
- 6.- Ayuda en el control de la erosión y compactación del suelo.
- 7.- Evita la evaporación directa de la humedad del suelo.

Desventajas

- 1.- Alto costo del material plástico.
- 2.- Se necesita del conocimiento técnico para evitar exceso de humedad.
- 3.- Puede ocasionar enfermedades y aumento de la población de insectos.
- 4.- Riesgos de quemaduras a las plantas jóvenes si están en contacto con el plástico.
- 5.- Los plásticos se dañan por efecto de la temperatura y acción del viento al desgarre.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. LOCALIZACIÓN

La Comarca Lagunera está ubicada en la parte suroeste del estado de Coahuila, y Noroeste del estado de Durango comprendida entre los paralelos $24^{\circ}30'$ y $27^{\circ}00'$ de latitud Norte entre los meridianos $102^{\circ}00'$ y $104^{\circ}40'$ de longitud al oeste de Greenwich.

EL CENID-RASPA INIFAP se localiza en el Km. 6 + 500 margen derecho del canal Sacramento del distrito de riego No 17 en la región Lagunera (Coahuila y Durango), perteneciente al municipio de Gómez Palacio Durango.

Esta investigación se llevo acabo en terrenos del campo experimental del CENID-RASPA. En un suelo con textura Migajón Arcilloso, con un valor para CC de 31.52 y PMP 15.99 para el estrato 0-30 de profundidad y de 32.07 de CC y un PMP de 14.31 para 30-60 (Figura 3) determinado por el método de las ollas, sacando una muestra por estrato con tres repeticiones para cada olla (0.3,3,9,15 bar), con una densidad aparente de 1.31gr/cm^3 determinada esta por medio del método de la parafina sacando tres muestras con tres repeticiones para promediar posteriormente los 3 primeros estratos (Cuadro 5).

3.2. VARIABLES CLIMÁTICAS.

Estas variables se registraron por medio de la estación meteorológica del CENID-RASPA que fueron Temperatura máxima, temperatura mínima, Evaporación, Horas luz, para posteriormente correlacionarlas con nuestros tratamientos.

3.3. ANÁLISIS DE SUELO

En el laboratorio del CENID-RASPA se realizaron los análisis del suelo físicos y químicos de la unidad experimental donde se realizó el trabajo, en el cuadro 2 y 3 se muestran los resultados.

Cuadro 2 - Características físicas

Prof (cm)	Arena(%)	Limo(%)	Arcilla(%)	Da gr/cm ³	Saturación
0-25	41.8	32	26.2	1.34	46.51
25-35	43.8	30	26.2	1.34	48.21
35-55	41.8	36	22.2	1.26	49.25
55-90	39.8	44	16.2	1.24	51.47

Cuadro 3.- Características químicas.

Prof (cm)	M.O(%)	pH	CE	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	NA ⁺	CL ⁻
0-25	1.1	8.2	.91	6.0	1.2	1.9	2.0
25-35	.75	8.0	1.3	9.2	2.0	2.7	2.0
35-55	.41	7.9	2.1	12.0	5.2	3.9	3.0
55-90	.20	7.7	5.4	35.0	7.2	11.4	1.5

Curva de retención

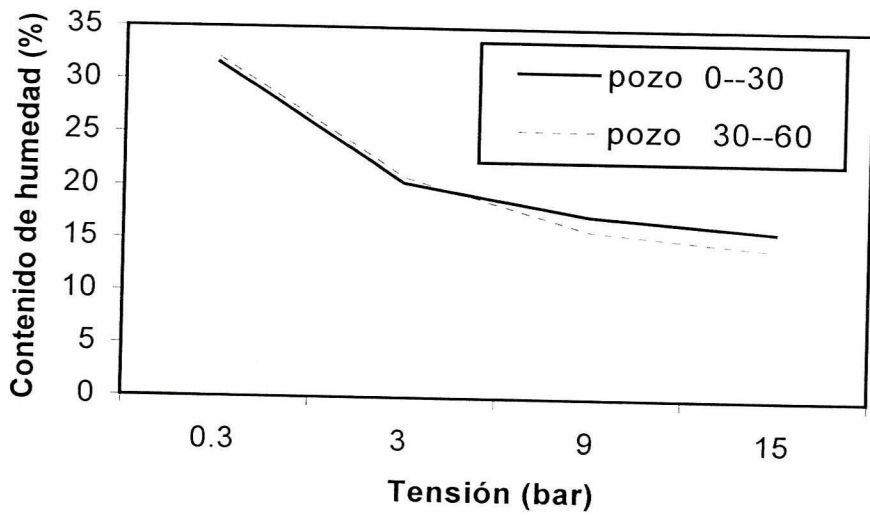


Figura 2. Curva de retención del suelo por estratos.

Cuadro 4. Datos de densidad aparente por estratos

Estrato	Repetición	Da gr/cm ³	Promedio
0—25	1	1.30	1.34
	2	1.38	
	3	1.33	
25—35	1	1.30	1.34
	2	1.37	
	3	1.35	
35—55	1	1.26	1.26
	2	1.24	
	3	1.23	
55—90	1	1.25	1.24
	2	1.26	
	3	1.21	

3.4. DISEÑO EXPERIMENTAL

3.4.1. Tratamientos

Para lo siguiente se utilizaron 4 tratamientos (Cuadro 5) con 3 repeticiones cada tratamiento, distribuidos en bloques al azar los tratamientos (Figura 2).

Cuadro 5. Tratamientos en estudio

1.-Acolchado de suelo con cintilla superficial.	(Cin Sup Acol)
2.-Acolchado de suelo con cintilla subterránea a 15 cm(Cin Sub Acol)	
3.-Cintilla superficial sin acolchado del suelo	(Cin Sup)
4.-Cintilla subterránea a 15 cm sin acolchado del suelo	(Cin Sub)

Cada tratamiento tuvo una separación de 3 metros entre tratamiento y con líneas regantes al centro de la cama.

Las líneas regantes tuvieron un espaciamiento de 6 metros entre línea y línea, esto, para tener una mejor lectura de los muestreos y no permitir el traslape de bulbos de humedad entre tratamientos y para así obtener resultados más confiables.

3.4.2. Área de estudio

El estudio de los tratamientos se llevo a cabo en una superficie de 1800m². (Figura 3).

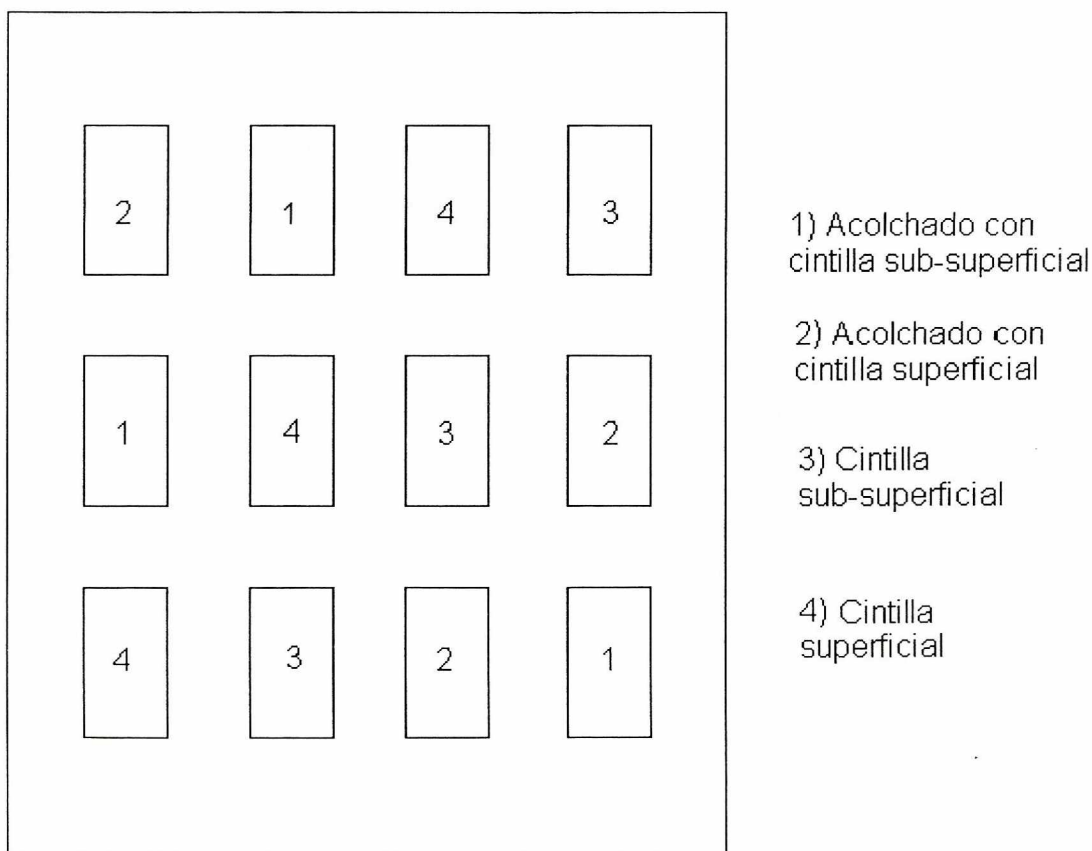


Figura 3. Área de estudio y distribución de tratamientos.

3.4.3. Kriging en Surfer.

3.4.3.1. Descripción del método de Kriging

Kriging es uno de los métodos de interpolación y extrapolación más utilizados, donde comprende un conjunto de técnicas destinadas al análisis de datos espacialmente distribuidos, llamado así en reconocimiento por los estudios realizados por D.G. Krige en Africa del Sur.

Para resolver el sistema de ecuaciones para el sistema se requiere de información sobre las dependencias espaciales que caracterizan a cada unidad de datos analizada. Estas son proporcionadas por los Variogramas.

Los Variogramas, básicamente indican como varían las dependencias espaciales que existen entre un punto origen y otro punto que se aleja de éste.

Una ecuación permite determinar un variograma empírico. Éste no puede ser utilizado directamente en el sistema de Kriging, dado que no necesariamente describe todas las posibles combinaciones de distancia y dirección por lo que es necesario modelarlo.

El variograma depende de la distancia y la dirección en las que se desea evaluar la variabilidad. El variograma es un estimador de la varianza de la población. Para que se cumpla esta afirmación, el grupo de datos debe tener algún grado de regularidad en su distribución. Esta no puede ser evaluada, pero se estima que si la muestra ésta normalmente distribuida se verifica este supuesto.

Para saber si los datos son estadísticamente significativos fueron procesados en el programa estadístico Statistica.

3.4.3.2. Otros Métodos utilizados por el Programa Surfer

- Potencia del inverso de la distancia, es rápido, para generar dibujo "ojo de toro" de contorno concéntrico alrededor del punto de los datos. Potencia del inverso a la distancia no explora valores de Z mas allá del rango de datos.
- Kriging. Es uno de los métodos mas flexibles y la malla es aprovechada para casi cualquier grupo de datos. Con mas grupos de datos, la malla con el variograma lineal default es totalmente efectivo. En general recomendamos mucho este método. El método de malla de Kriging es por default porque genera un buen mapa para muchos grupos de datos. Para grupos de datos mas grandes Kriging puede hacerlo lento. La malla puede extrapolar valores más allá del rango de sus datos Z.
- Curvatura Mínima. Genera superficies planas y rápido para más grupos de datos.
- Regresión Polinomial. Procesa los datos para que estén debajo de tendencias de gran potencia y modelos se muestren. Esto se usa para el análisis de superficie de tendencia. La regresión polinómica es muy rápida para cualquier cantidad de datos, pero los detalles locales en los datos están perdidos en la malla generada. Este método puede extrapolar valores de la reja más allá del rango de sus datos de Z.

A pesar de existir estos métodos de interpolación existen otros también utilizados con sus convenientes e inconvenientes, siendo el de Kriging el utilizado para este trabajo.

3.5. TRABAJO DE CAMPO.

3.5.1. Preparación del terreno.

La preparación de suelo consistió en un barbecho seguido del paso de la rastra y la nivelación del terreno a 0 pendiente y por ultimo la formación de camas separadas a 3 metros.

3.5.2. Acolchado

La colocación del plástico se realizó por medio de una acolchadora mecánica, se utilizó un plástico color negro con un espesor de 150 micras y un ancho de 1.20m.

3.5.3. Riegos

La aplicación del agua de riego fue por medio de 1 motobomba de 4 HP, la línea principal que estuvo compuesta por un tubo de 1" con 4 líneas regantes con cintilla de calibre 8 mil con un gasto de 0.6828 lts/hr con una presión de operación de 10 psi aplicando riegos cada tercer día. Aplicando el riego entre 10:00 am y 12:00 pm.

Teniendo como fórmula para tener el tiempo de riego

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

Donde:

Tr = tiempo de riego

A = Área de humedecimiento bajo el acolchado

Lr = lamina de riego

Q = gasto

La lamina de riego se calculo considerando el 50 % de la evaporación promedio diario de un periodo de registro de ocho años de la estación climatológica del CENID-RASPA. (3.8 y 5.6 mm/día por el mes de Enero y Febrero respectivamente).

3.5.4. Muestreos

Para determinar la dinámica espacial y temporal de la humedad del suelo se llevó acabo un muestreo, utilizando el método gravimétrico (Figura 4). El muestreo se efectuó cada tercer día (13 muestreos en total) para los estratos del suelo de 0-30 y 30-60 cm, utilizando para este una barrena Vehimeyer y para altos contenidos de humedad tipo California.

El pesado de las muestras se realizo en el laboratorio del CENID-RASPA, con una báscula electrónica marca (OHAUS) después de haber terminado el muestreo, para posteriormente meterlas a la estufa para permanecer allí por 24 horas a una temperatura de 105⁰.

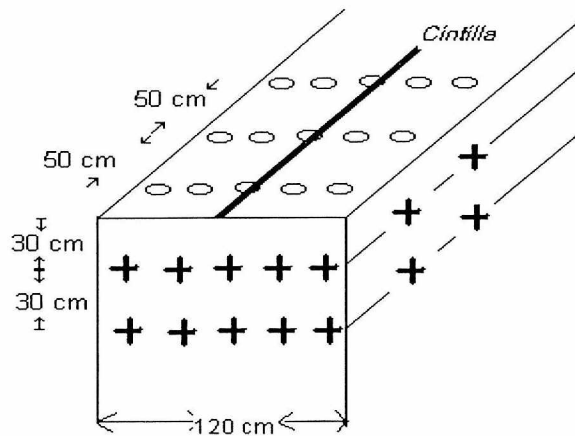


Figura 4. Ubicación espacial de los muestreos de humedad del suelo con respecto a la localización

3.5.5. Recopilación de datos.

Después de haber sacado las muestras de la estufa se vuelven a pesar para posteriormente sacar un promedio de las tres repeticiones de cada punto y así obtener la humedad promedio de cada punto muestreado (Cuadro 2,3,4,5, anexos).

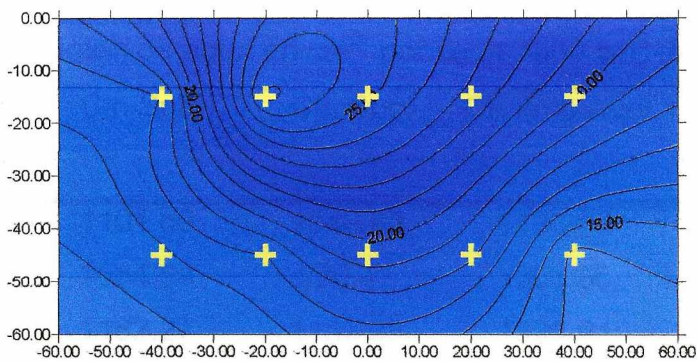
Después de obtener los datos de humedad se procesaron en el programa SURFER y Statistica para su posterior análisis.

3.5.6. Determinación de volumen

Para la determinación del volumen de agua contenida en el área muestreada, se considero el ancho de la cama de 120 cm y la profundidad de 60cm dando un total de 7200cm^2 , en el programa SURFER (Figura 5) se procesaron los

datos de humedad sacados de los muestreos, determinando un promedio de las tres repeticiones por cada punto. Estando los datos de humedad se procedió a tomar rangos de humedad cada 2 % de humedad para así obtener superficie total humedecida. Posteriormente se cubico el área de muestreo tomando encuenta un centímetro de espesor para tener un total de 7200cm^3 . Ahora para tener nuestro volumen de agua contenido dentro de este volumen de suelo se determino la Da (Cuadro 4). Posteriormente el volumen ocupado por agua en este volumen de suelo es el producto de la densidad aparente por la superficie humedecida (Cuadro6).

Figura 5. Muestra los datos de humedad promedio graficados en el programa Surfer.



Donde los números en el eje " X " representan el espaciamiento entre muestreos, partiendo del centro. Teniendo valores negativos a la izquierda y valores positivos a la derecha.

Los números en el eje " Y " representa la profundidad partiendo de la parte superior de la gráfica hacia abajo por eso los valores negativos.

4. Resultados y Discusiones.

4.1. Volumen de agua por tratamiento

En el cuadro 6 se observa la comparación del volumen de agua por tratamiento cintilla superficial y cintilla subterránea sin acolchado en la ultimo muestreo se obtuvo mayor humedad en cintilla subterránea donde la cantidad de volumen de agua fue de 1299.97 cm³ por cada 7200cm³ de suelo, encontraste con el tratamiento de cintilla superficial se obtuvo 1243.25cm³ por cada 7200cm³ de suelo (Cuadro 6).

Con los tratamientos acolchados, se encontró que el acolchado con cintilla superficial tuvo una desventaja con respecto al tratamiento de cintilla subterránea con un volumen de 1721.99 contra 1760.23cm³ por cada 7200 cm³ de suelo. (Cuadro 6).

Cuadro 6.- Volumen de agua en cm³ por cada 7200 cm³ de suelo/ día.

Muestras	Cin Sub	Cin Sup	Cin Sup Acol	Cin Sub Acol	Volumen cm ³ /hr/got
1	1101.60	1048.83	1133.02	1319.19	682.8
2	1084.69	930.41	1353.85	1553.40	682.8
3	1162.27	1157.38	1323.91	1556.64	682.8
4	1205.08	1207.12	1286.35	1399.03	628.8
5	1198.43	1142.51	1225.25	1528.67	628.8
6	1310.42	1352.58	1382.26	1489.57	628.8
7	1056.95	1264.31	1681.89	1677.01	628.8
8	1392.86	1331.02	1475.63	1391.26	628.8
9	1306.90	1193.69	1648.26	1516.53	628.8
10	1426.56	1456.76	1640.88	1508.26	628.8
11	1224.98	1360.85	1626.07	1478.90	628.8
12	1164.12	1264.93	1698.62	1657.45	628.8
13	1299.97	1243.25	1721.99	1760.23	628.8

Sé graficaron los datos del cuadro 6 donde se observan que se tiene mayor volumen de agua en los tratamientos de acolchado a diferencia de los sin acolchar debido a que el agua se pierde probablemente por evaporación. (Figura 6). La tendencia de los tratamientos va aumentando de acuerdo a la acumulación de volumen (Figura 7) de agua que se fue aplicando conforme a los riegos. Sin embargo los tratamientos acolchados tienden a retener mayor humedad y por mas tiempo.

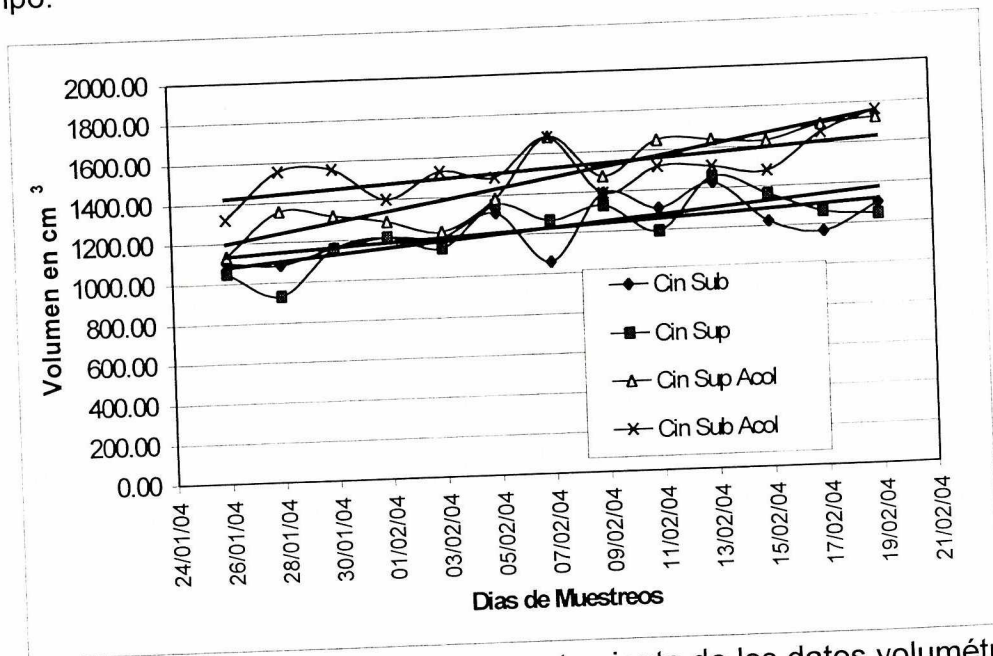


Figura 6. Representación gráfica del comportamiento de los datos volumétricos.

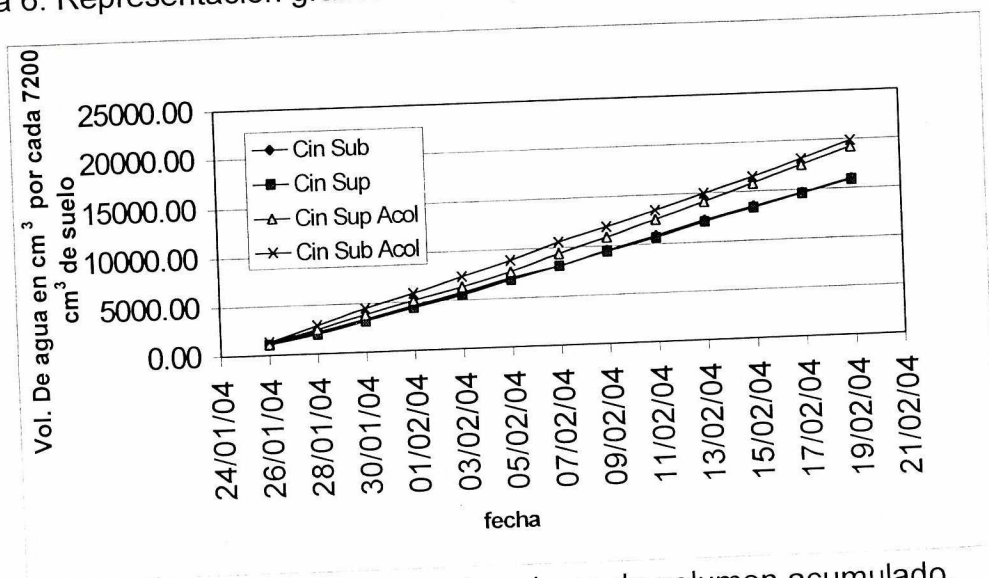


Figura 7. Comportamiento de valores de volumen acumulado.

4.2. Datos estadísticos

En el análisis de correlación (Cuadro 7). Se tiene que los valores con asterisco tienen una correlación entre los tratamientos o variables climáticas, el signo negativo representa que los datos utilizados para este análisis no tienen una distribución normal con respecto a los tratamientos analizados, los valores positivos indican que existe una distribución normal entre los valores de los tratamientos en evaluación.

En el mismo cuadro la correlación entre los tratamientos sin acolchar resultaron ser semejantes. Los tratamientos acolchados también son semejantes entre sí, existiendo una correlación entre el tratamiento acolchado con cintilla superficial y el tratamiento de cintilla subterránea sin acolchar.

En las variables climáticas se ve reflejado como las temperaturas afectan la evaporación en los tratamientos sin acolchar lo contrario a los tratamientos acolchados que el efecto de la evaporación se elimina casi totalmente por lo que las horas luz estadísticamente no tuvieron relación.

Cuadro 7. Correlación existente entre tratamientos y datos correlacionados, con un nivel de significancia a .05000.

Variable	CIN_SUP	CIN_SUB	C_SP_ACO	C_SB_ACO	T_MIN	T_MAX	EVAP	H_LUZ
CIN_SUP	1.00	0.70 *	0.32	-0.14	0.58 *	0.82 *	0.47	-0.54
CIN_SUB	0.70 *	1.00	0.57 *	0.07	0.62 *	0.63	0.41	-0.27
C_SP_ACO	0.32	0.57 *	1.00	0.66	0.43	0.22	0.29	-0.18
C_SB_ACO	-0.14	0.07	0.66 *	1.00	0.04	0.06	0.28	0.17
T_MIN	0.58 *	0.62 *	0.43	0.04	1.00	0.61	0.61*	-0.58 *
T_MAX	0.82 *	0.63 *	0.22	0.06	0.61 *	1.00	0.75*	-0.33
EVAP	0.47	0.41	0.29	0.28	0.61 *	0.75 *	1.00	-0.43
H_LUZ	0.54	-0.27	-0.18	0.17	-0.58 *	-0.33	-0.43	1.00

* Datos que tienen correlación.

4.3. Distribución (Forma gráfica)

Para observar la distribución del agua y saber la diferencia en humedad comparando los tratamientos en forma gráfica, se tiene la herramienta Surfer en el que realizaron las gráficas correspondientes para cada uno de los tratamientos y para ver la diferencia en forma visual se hizo la comparación tomando cuenta una sola escala de valores para los cuatro tratamientos para su mejor análisis, donde los colores más tenues en la gráfica, así como en la escala de colores, indican que existe menor contenido de humedad y por el contrario los colores mas oscuros tienen un contenido de humedad mas alto. Donde A es el muestreo numero 5 y B es el muestreo numero 13, donde el criterio para tomar estas gráficas es que para ese muestreo ya existía una humedad que podía ser representada gráficamente.

Acolchado con cintilla superficial

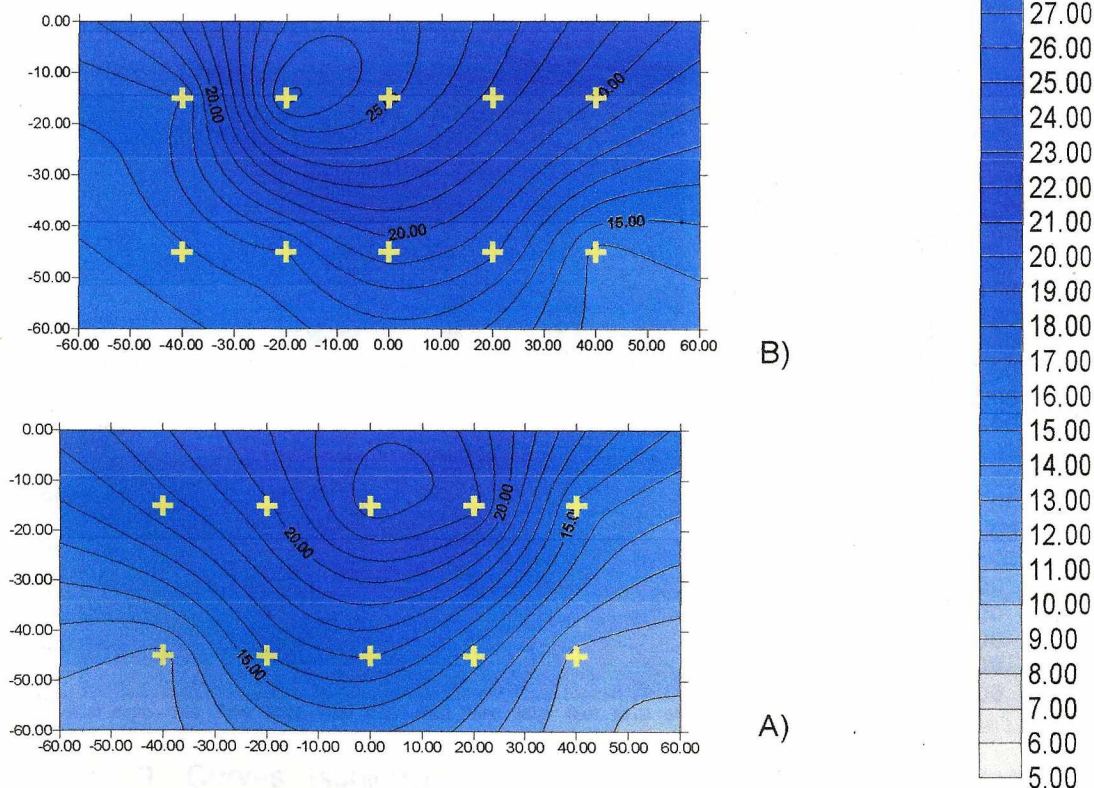


Figura 8. Curva Isohidricas en el tratamiento de cintilla superficial con acolchado.

Para saber que verdaderamente la humedad se va incrementando conforme a los riegos suministrados, se hace la comparación de las gráficas donde se observa la figura 8.A. en el cual la curva Isohidricas con el valor de 20 % humedad en el suelo que se encuentra concentrada alrededor de la cintilla aproximadamente en un diámetro de 40 cm y a una profundidad cercana a los 30cm. En la figura 8.B. se tiene la misma curva, pero ahora con un diámetro mayor aproximado a 1 metro de humedecimiento lateral a una profundidad aproximada a 45 cm. En la misma figura se tiene una curva de 25% de humedad que en la Figura 8.A. no existe, también en la cual se observa una distribución de humedad uniforme o con buena distribución del agua en la zona radicular en donde la mayoría de las hortalizas desarrolla sus raíces.

Con lo que se comprueba que el bulbo de humedecimiento esta relacionado con el tipo de suelo. En el que para todos los tratamientos se trabajo en un suelo migajón arcilloso, en el que se puede tener un movimiento lateral grande y verticalmente puede ser de la misma forma como lo comprueba Dorronsoro en 2003.

Acolchado con cintilla subterránea

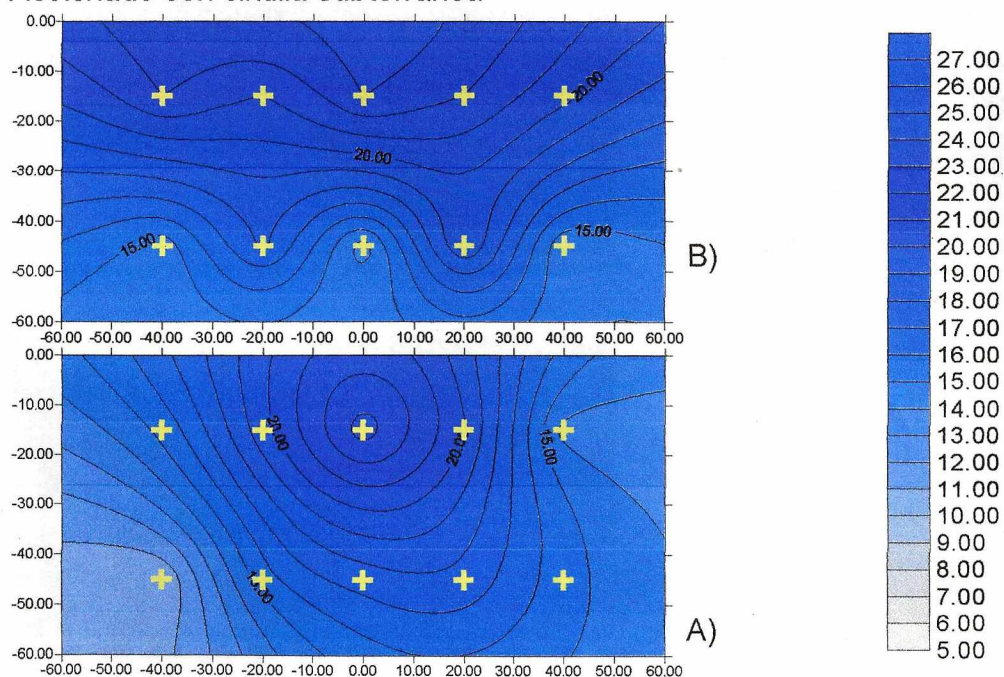


Figura 9. Curvas Isohidricas en el tratamiento de cintilla subterránea con acolchado.

Teniendo el acolchado con cintilla subterránea para la figura 9.A. se tiene la curva Isohidricas con un valor de 20 % humedad, el desplazamiento lateral fue de 40 cm aproximadamente a una profundidad cercana a los 30 cm, con su forma del bulbo de humedecimiento bien definido. Para la figura 9.B. el valor de 20 % humedad, el movimiento vertical cerca de 30 cm y uno lateral de 120 cm aproximadamente.

En donde los valores menores a 20 % van teniendo una superficie menor que en la figura 8.A. por el contrario los valores mayores a 20 % de humedad, se observa un incremento en superficie, que se ven en la figura 8.B. Existiendo un mayor contenido de humedad a partir de los 30 cm hacia la superficie con una uniformidad de humedad bastante aceptable.

Cintilla subterránea

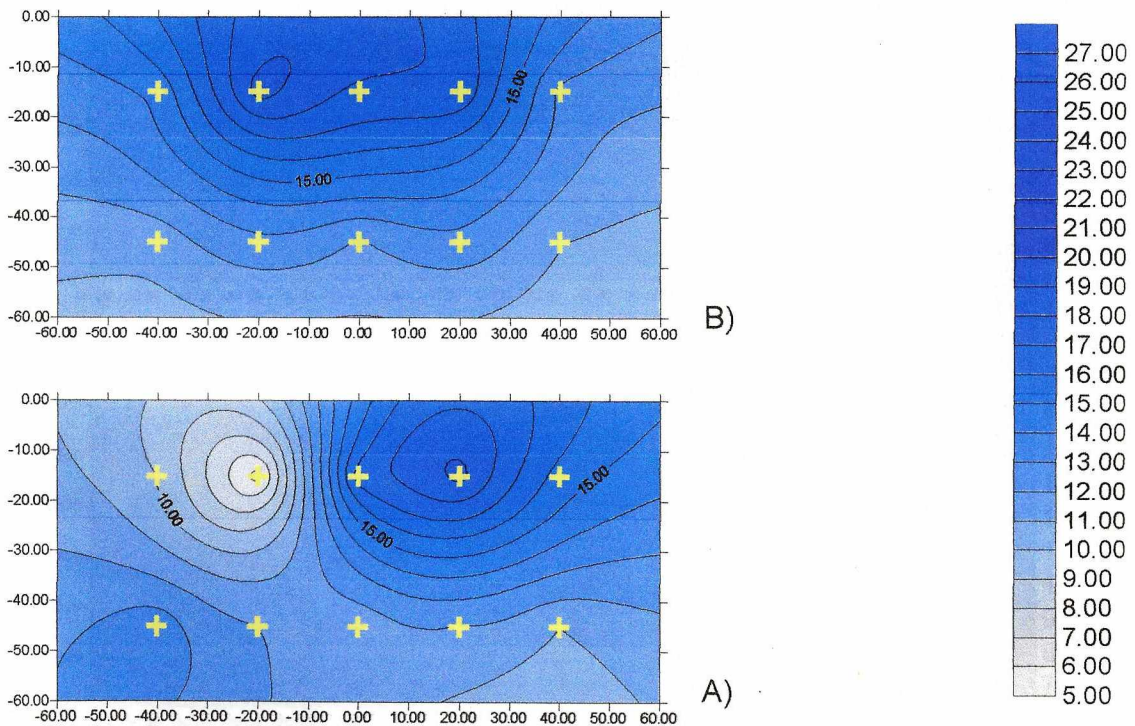


Figura 10. Curvas Isohidricas en el tratamiento de cintilla subterránea sin acolchado plástico.

Para el tratamiento de cintilla subterránea sin acolchado plástico (Figura 10). Se tomó la curva Isohidricas con un valor de 15 % de humedad, en la figura 10.A. en donde se encontró una pequeña superficie ocupada por este valor y con una uniformidad no muy buena, en la que lateralmente existió un movimiento aproximado de 40 cm a una profundidad de 30 cm aproximadamente. En la figura 10.B, siguiendo con el mismo valor se observa que existe una mayor cantidad de superficie con este valor, existiendo un movimiento lateral aproximado de entre 70-80 cm y con una profundidad cercana a los 35 cm. Habiendo una uniformidad de la humedad buena, pero sin existir valores de humedad muy altos, quizás esto es a que no se tiene acolchado y se tiene perdidas por evaporación.

Cintilla superficial

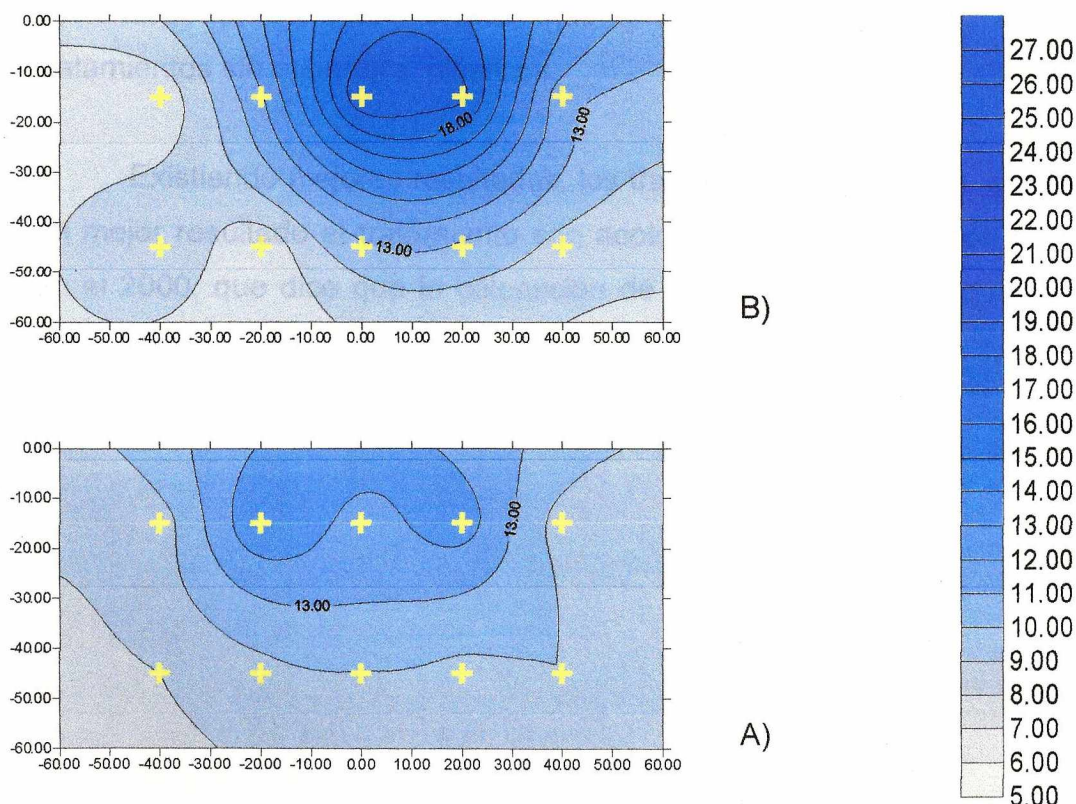


Figura 11. Curvas Isohidricas en el tratamiento de cintilla superficial sin acolchado plástico.

Ahora para el tratamiento de cintilla superficial sin acolchado plástico se toma la figura 11.A. en la que se trabaja con el valor de 13 % donde se observa que este valor tiene un desplazamiento vertical de 30 cm aproximadamente y horizontal de 60 cm, en comparación con la figura 11.B se tiene que el mismo valor de 13% cuenta con un aumento en superficie con un movimiento lateral aproximado de 75 cm y una profundidad próxima a 45 cm, pero a comparación de la figura 11.A. esta cuenta con valores de humedad más altos que no existían anteriormente.

Graficados (Figura 1, 2 Anexos) los datos de temperaturas y evaporación se observa la relación, que a mayor temperatura existe una mayor evaporación lo que se ve reflejado en la cantidad de volumen de agua retenida en el suelo. Resultando los tratamientos acolchados con índices más altos de humedad, datos que concuerdan con los encontrados con Martínez *et al* en. 2001, que dice que los acolchados presentaron niveles más altos de humedad con respecto a los tratamientos sin cobertura plásticos.

Existiendo mejores resultados, los tratamientos con cintilla subterránea con un mejor resultado el tratamiento con acolchado coincidiendo con Berzoza *et al* en el 2000, que dice que la colocación de las líneas regantes que más ventajas presento fue la subterránea.

4. Conclusiones

El volumen de agua fue mayor en los tratamientos con acolchados mostrando mejores resultados el tratamiento de cintilla subterránea, existiendo hasta un 20 % de diferencia con respecto al volumen, sabiendo que se aplicó la misma cantidad de agua para los cuatro tratamientos en discusión.

EL tratamiento con cintilla superficial sin acolchado fue el tratamiento en el que menos volumen de agua se encontró, por lo tanto el peor de los tratamientos.

La aplicación de plásticos sobre el suelo retiene mayor cantidad y por más tiempo la humedad.

Teniendo un cultivo y verificando muestreos más profundos este trabajo podría anexar datos nuevos para continuar esta investigación.

6. BIBLIOGRAFÍA

- Aguilera C. Mauricio, René M. Elizondo(1980). Relaciones Agua Suelo Planta Atmosfera.2da Edición 1980. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo Méx.pag 3-4,9.
- Berzoza M.M. y Chávez S. N. (2000). Fertigación en hortalizas en distrito de riego 05 Delicias. Congreso nacional de irrigación. Chihuahua, Chihuahua, México agosto 2000.
- Clarck. Gaand Ag Simaistra (1996). Desing considerations For vegetable Crop drip irrigación sistem. Hort Technology., pag: 6,155-159.
- Camp CR (1998). Surface drip irrigation A review. Trans of the Am.Soc. Agric. Eng 41: 1353-1367
- CNA y IMTA (1997). Manual para diseño de zonas de riego Pequeñas. Edición y reproducción Departamento de irrigación UACH.
- Donald R. Daum and Raymond F. Shipp(2001). Agricultural Soil Compaction – Causes, Effects and Cures. College of Agricultural Sciences. Coperative Extension. Pennsylvania State University.
- Dorroso Carlos(2003). Introducción a la Edafología, Departamento de Edafología Química Agrícola. Universidad de granada España. Unidad docente e investigador de la facultad de ciencias,(17-10-2003)
- FitzPatrick E A (1985). Suelos (su formación clasificación y distribución) Segunda edición en español Editorial Continental Abril . pag 15-18

- Galván R. Ricardo (2003). Tesis licenciatura : usos de agua y producción de Alfalfa (Medicago Sativa.L) bajo riego por goteo subsuperficial . Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Torreón Coah. pag 1-4.
- García C. Ignacio y Briones Sánchez Gregorio (1997). Sistemas de Riego por aspersión y goteo. Primera edición, Editorial trillas. Pag. 10-20
- Godoy A., C (2000). Problemas asociados con la disponibilidad del agua. pp43-48 In:Tecnología de riego en nogal pecanero libro Científico No1. Primera Edición.SAGAR INIFAP. CIFAP –Comarca Lagunera 116p
- González B. Rodolfo (1998). La industria de los productos Hortícolas en México. Memorias Simposio Nacional Fisiología y Tecnología Postcosecha de productos Hortícolas en México.
- Gorsky M. N. (1962). El agua un milagro de la naturaleza. Editorial de la academia de Ciencias de la URSS. Serie Científico Popular Moscú, Rusia.
- Israelsen, O. W. Y V. E. Hansen (1967), Irrigation Principles and Practices , 3a ed., Jonh Wile ad Sons, Nueva York, 1967.
- Ledesma L. Daniel y Martínez E. René (1995). Modelos para representar patrones de humedecimiento aplicando riego por goteo. VI Congreso Nacional de Irrigación 1995.
- Martinez S.J., Mendoza M. F., Macias R. H., Martinez R. J.G., Rivera G. M., García H. G., Ramírez C. C.E., Sánchez C. I.,(2001). Distribución espacial de la humedad en el suelo bajo cubiertas plásticas y crioriego. XI congreso Nacional de Irrigación. Guanajuato, Guanajuato. SEPTIEMBRE 2001.

- Medina San Juan J.A (2000) Riego por goteo, teoría y practica.4 edición Editorial (MP) Mundi-Prensa. Impreso en España. Pag.13-20.
- Mendoza M.S.F(1981). Obtención de la función de producción en repollo(Brassica Oleracea) en base a densidades de producción y láminas de riego aplicadas por goteo. Tesis de Ingeniero Agrónomo especialista en Irrigación. Universidad Autónoma Chapingo, México, Chapingo.
- Ordaz C. Victor M.(1999). El agua en el suelo y su evaluación. Sociedad Mexicana de la C.S.A.C. Colegio de Postgraduados . Publicación especial 8. Chapingo, Mexico.
- Orive A. A (1970). La Irrigación en México. Primera Edición. Editorial Grijalbo, S.A México D.F.
- Peña R. Lindolfo (2000) .El fertirriego y la Plasticultura. Primera edición, Dic 2000. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Buenavista Saltillo Coah. México Pag. 159-170.
- Pérez G. J. L(2000). Producción de sandia en tres sistemas de producción (Citrullus lamatus Tund.) con riego por cintilla y acolchado plástico. Tesis de ingeniero Agrónomo especialista en Fitotecnia. Instituto tecnológico Agropecuario No. 10 Torreón, Coah.
- Pizarro C. Fernando (1996) Riegos localizados de alta frecuencia (RLAF) goteo, microaspersión, exudación. Tercera edición, Editorial Mundi-Prensa impreso en España.pg.7,23-25
- Scwentesius R. Rita y Gómez C. Manuel A. (2000).Internacionalización de las Horticultura 1ª edición en español. Editorial (MP)Mundi-Prensa. Pag. 31-55

Valdez L. Artemio (2000). Producción de Hortalizas. Editorial LIMUSA .Pag. 27-41

Y ves Gratton (2002). Le krigeage: La Méthode optimale d'interpolation spatiale.
Institut National de la Recherche scientifique. Québec, Qc. Canada, G1V4C7.

Zazueta, F.S 1992. Microirrigación ICFA Internacional Inc. Florida Usa.

www.infoagro.com/plasticultura/hort.html

www.elriego.com/bulbohumedo.html

www.cuantitativa.cl/geostad.php#kriging

7. Anexos

Los datos arrojados por el programa matemático estadístico Statistica fueron (Cuadro 1)

Cuadro 1. Descripción de datos estadísticos.

Variable	Observaciones	Media	Mediana	Suma	Valor Mínimo	Valor Máxima	Varianza	Dev. std
CIN_SUP	13	1225.756	1205.080	15934.83	1056.950	1426.560	13360.01	115.5855
CIN_SUB	13	1227.203	1243.250	15953.64	930.410	1456.760	19465.89	139.5202
C_SP_ACO	13	1476.768	1475.630	19197.98	1133.020	1721.990	41262.58	203.1319
C_SB_ACO	13	1525.857	1516.530	19836.14	1319.190	1760.230	14803.32	121.6689

Cuadro 2 Datos promedio de humedad del suelo del tratamiento Cintilla subterránea con acolchado plástico.

Pozo

Muestreo 1	1	2	3	4	5
Prom 0-30	13.089	13.707	15.279	17.714	14.323
Prom 30-60	18.918	11.948	7.977	11.986	13.055
Muestreo 2	1	2	3	4	5
Prom 0-30	19.420	23.460	22.220	14.090	16.449
Prom 30-60	14.670	12.560	14.880	13.730	13.890
Muestreo 3	1	2	3	4	5
Prom 0-30	10.830	18.355	19.900	18.114	16.604
Prom 30-60	24.040	14.610	12.400	12.114	16.580
Muestreo 4	1	2	3	4	5
Prom 0-30	16.632	18.794	23.471	18.179	14.918
Prom 30-60	15.007	14.820	20.639	49.723	13.731
Muestreo 5	1	2	3	4	5
Prom 0-30	15.292	19.592	23.445	20.116	13.678
Prom 30-60	10.060	15.515	17.391	17.666	0.000
Muestreo 6	1	2	3	4	5
Prom 0-30	14.181	22.434	22.869	18.332	14.160
Prom 30-60	13.132	17.336	18.338	14.223	10.136
Muestreo 7	1	2	3	4	5
Prom 0-30	17.243	19.977	22.891	22.325	16.625
Prom 30-60	12.524	18.293	17.847	17.659	0.000
Muestreo 8	1	2	3	4	5
Prom 0-30	15.819	19.596	22.895	20.996	17.086
Prom 30-60	11.974	10.066	15.618	5.173	10.377
Muestreo 9	1	2	3	4	5
Prom 0-30	17.615	20.096	22.759	21.953	17.189
Prom 30-60	9.954	12.177	15.664	14.997	12.705
Muestreo 10	1	2	3	4	5
Prom 0-30	13.215	19.049	21.168	23.190	17.626
Prom 30-60	0.000	14.371	16.770	15.533	11.479
Muestreo 11	1	2	3	4	5
Prom 0-30	17.290	20.469	23.009	21.220	17.525
Prom 30-60	10.934	9.691	13.985	26.273	4.837
Muestreo 12	1	2	3	4	5
Prom 0-30	17.151	20.593	24.277	23.799	17.510
Prom 30-60	13.955	15.698	18.359	17.553	12.834
Muestreo 13	1	2	3	4	5
Prom 0-30	21.998	20.965	23.011	21.961	20.252
Prom 30-60	14.420	18.159	13.586	19.928	14.195

Cuadro 3. Datos promedio de humedad del tratamiento cintilla superficial con acolchado
Pozo.

Muestreo 1	1	2	3	4	5
prom 0-30	11.467	15.850	15.126	14.741	13.722
prom 30-60	10.939	9.360	10.976	9.049	10.492
Muestreo 2	1	2	3	4	5
prom 0-30	16.240	17.480	16.810	18.050	13.460
prom 30-60	11.260	10.560	19.110	13.560	11.250
Muestreo 3	1	2	3	4	5
prom 0-30	17.159	18.950	21.357	10.560	0.000
prom 30-60	11.110	13.554	13.143	14.448	0.000
Muestreo 4	1	2	3	4	5
prom 0-30	13.210	17.969	20.517	14.153	13.526
prom 30-60	11.110	10.656	13.225	12.221	12.393
Muestreo 5	1	2	3	4	5
prom 0-30	17.591	19.810	23.484	22.410	14.739
prom 30-60	11.715	15.971	17.042	14.444	10.599
Muestreo 6	1	2	3	4	5
prom 0-30	17.305	21.507	22.357	16.272	13.823
prom 30-60	12.119	14.746	15.089	15.248	5.275
Muestreo 7	1	2	3	4	5
prom 0-30	13.150	22.491	23.976	20.729	15.620
prom 30-60	25.010	15.286	16.155	16.360	12.851
Muestreo 8	1	2	3	4	5
prom 0-30	15.905	19.371	18.877	20.811	17.047
prom 30-60	9.976	14.106	15.904	16.262	12.626
Muestreo 9	1	2	3	4	5
prom 0-30	17.471	23.404	24.416	23.523	19.622
prom 30-60	13.793	16.216	17.989	16.301	8.827
Muestreo 10	1	2	3	4	5
prom 0-30	18.180	21.109	22.281	20.785	13.269
prom 30-60	15.174	17.251	17.714	18.600	15.392
Muestreo 11	1	2	3	4	5
prom 0-30	16.813	23.688	24.209	18.735	16.432
prom 30-60	11.468	19.874	18.253	17.761	13.052
Muestreo 12	1	2	3	4	5
prom 0-30	18.693	22.639	23.705	23.161	18.459
prom 30-60	11.985	16.336	18.240	17.057	15.364
Muestreo 13	1	2	3	4	5
prom 0-30	17.040	27.296	25.187	22.686	20.058
prom 30-60	15.808	16.960	19.482	18.187	13.676

Cuadro4. Datos promedio de humedad del tratamiento cintilla subterránea
Pozo

Muestreo 1	1	2	3	4	5
Prom 0-30	17.070	11.920	14.857	9.402	14.701
Prom 30-60	9.452	9.915	8.763	7.899	9.525
Muestreo 2	1	2	3	4	5
Prom 0-30	11.580	8.190	14.300	13.930	12.360
Prom 30-60	9.420	10.900	13.810	11.810	10.309
Muestreo 3	1	2	3	4	5
Prom 0-30	12.520	11.890	14.682	13.933	12.360
Prom 30-60	13.078	10.990	10.683	12.004	10.320
Muestreo 4	1	2	3	4	5
Prom 0-30	11.360	11.030	15.594	17.320	14.200
Prom 30-60	12.000	13.146	13.540	11.640	11.000
Muestreo 5	1	2	3	4	5
Prom 0-30	10.000	5.638	17.501	19.264	15.600
Prom 30-60	13.600	12.000	11.274	11.946	11.000
Muestreo 6	1	2	3	4	5
Prom 0-30	11.000	11.533	16.750	15.355	23.000
Prom 30-60	13.600	12.200	11.076	10.733	11.000
Muestreo 7	1	2	3	4	5
Prom 0-30	11.136	20.599	17.153	23.099	3.457
Prom 30-60	13.600	12.221	13.353	12.496	0.000
Muestreo 8	1	2	3	4	5
Prom 0-30	13.800	17.497	21.345	19.280	15.853
Prom 30-60	13.000	13.350	8.792	12.454	13.963
Muestreo 9	1	2	3	4	5
Prom 0-30	13.600	16.226	17.827	19.832	14.732
Prom 30-60	12.500	13.327	13.025	12.417	8.674
Muestreo 10	1	2	3	4	5
Prom 0-30	14.600	18.152	19.171	23.067	18.600
Prom 30-60	12.000	13.303	13.233	12.933	10.000
Muestreo 11	1	2	3	4	5
Prom 0-30	10.000	17.114	20.128	14.812	12.000
Prom 30-60	10.000	10.113	11.323	16.246	12.800
Muestreo 12	1	2	3	4	5
Prom 0-30	6.493	19.456	17.541	17.292	13.048
Prom 30-60	9.520	12.343	13.442	11.438	10.052
Muestreo 13	1	2	3	4	5
Prom 0-30	14.271	19.380	17.775	17.795	12.779
Prom 30-60	11.378	12.761	11.891	12.707	11.034

Cuadro 5. Datos promedio de humedad del tratamiento Cintilla superficial.
Pozo

Muestreo 1	1	2	3	4	5
Prom 0-30	7.019	8.203	9.859	14.226	12.947
Prom 30-60	9.180	11.520	15.024	12.178	13.140
Muestreo 2	1	2	3	4	5
prom 0-30	10.720	8.289	11.650	10.790	8.504
prom 30-60	9.036	12.840	9.206	9.980	8.233
Muestreo 3	1	2	3	4	5
prom 0-30	14.780	8.500	14.881	15.290	14.063
prom 30-60	9.500	13.600	11.927	12.620	8.500
Muestreo 4	1	2	3	4	5
prom 0-30	10.500	13.500	17.440	17.680	12.420
prom 30-60	11.000	12.600	11.920	10.840	12.420
Muestreo 5	1	2	3	4	5
prom 0-30	11.500	14.992	13.648	14.532	11.530
prom 30-60	11.000	11.692	11.959	11.714	12.000
Muestreo 6	1	2	3	4	5
prom 0-30	14.000	14.853	16.442	16.255	17.419
prom 30-60	0.000	11.960	13.646	12.390	13.690
Muestreo 7	1	2	3	4	5
prom 0-30	11.140	16.102	21.029	17.350	12.350
prom 30-60	0.000	11.289	12.174	12.561	13.000
Muestreo 8	1	2	3	4	5
prom 0-30	14.850	16.494	19.535	18.510	16.100
prom 30-60	0.000	11.460	12.764	10.695	10.700
Muestreo 9	1	2	3	4	5
prom 0-30	0.000	17.859	20.116	14.716	15.860
prom 30-60	0.000	12.842	15.171	14.757	10.700
Muestreo 10	1	2	3	4	5
prom 0-30	11.462	18.432	24.353	19.129	13.944
prom 30-60	0.000	13.765	17.133	17.950	13.950
Muestreo 11	1	2	3	4	5
prom 0-30	11.500	65.633	18.792	17.531	13.630
prom 30-60	11.590	13.468	16.476	12.368	13.960
Muestreo 12	1	2	3	4	5
Prom 0-30	11.655	19.035	21.071	15.044	11.380
prom 30-60	12.007	14.459	11.718	12.004	11.620
Muestreo 13	1	2	3	4	5
Prom 0-30	10.227	13.871	19.861	19.277	13.286
prom 30-60	12.000	10.156	12.812	12.806	11.616

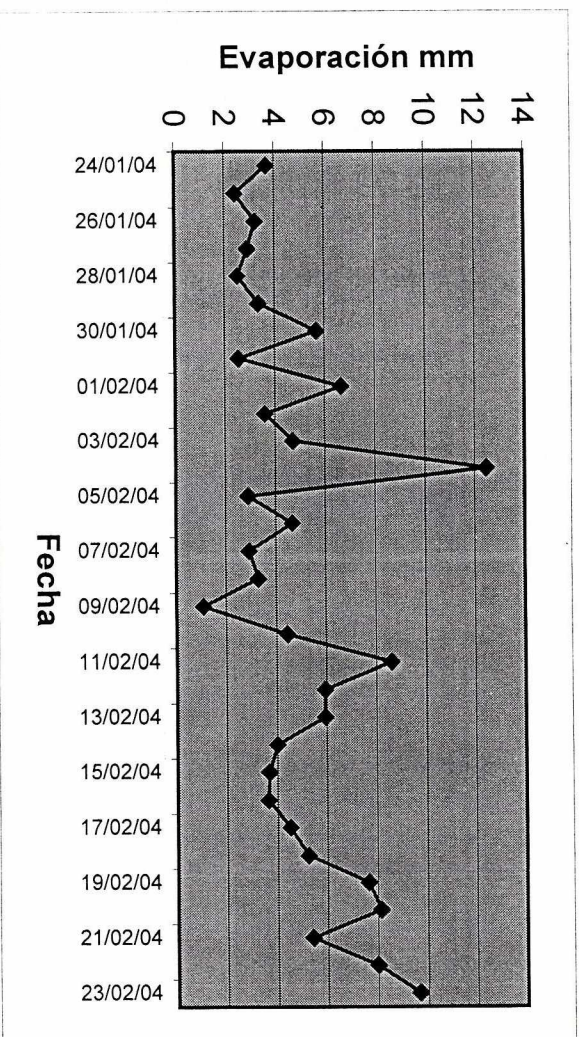


FIGURA 1. Evaporación durante los muestreos.

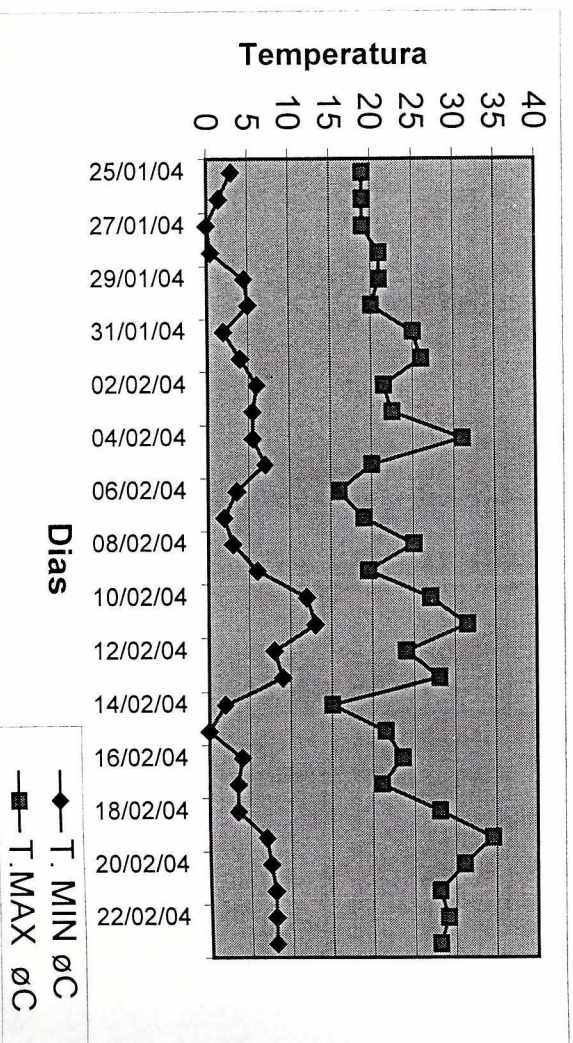


FIGURA 2. Comportamiento de temperaturas durante los muestreos.