



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTONOMA DE MEXICO

Facultad de Estudios Superiores  
"Cuautitlán"



EVALUACION DE UN HIDROGEL CON DIFERENTES TIPOS Y  
CUALIDADES DE SUSTRATO EN UN CULTIVO DE PEPINO  
( *Cucumis sativus* ).

**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE.

INGENIERO AGRICOLA

P R E S E N T A:

ARTURO CANIZAL JIMENEZ

Asesor: Ing. Raúl Espinoza Sánchez

CUAUTITLAN IZCALLI, EDO.DE MEX.

1993

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



## **UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso**

### **DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

# I N D I C E

|   |    |
|---|----|
| A. Resumen  | 4  |
| 1. Introducción   | 5  |
| 1.1. Objetivos  | 8  |
| 1.2. Hipótesis  | 8  |
| 2. Revisión bibliográfica                               | 9  |
| 2.1. Características físicas de los suelos              | 9  |
| 2.1.1. Textura  | 10 |
| 2.1.2. Estructura                                       | 13 |
| 2.1.3. Relación suelo - agua                            | 16 |
| 2.1.4. Movimiento del agua en el suelo                  | 16 |
| 2.1.5. Relación con la planta                           | 17 |
| 2.2. Plásticos en la agricultura                        | 18 |
| 2.3. Características de los plásticos en la agricultura | 20 |
| 2.3.1. Características generales                        | 20 |
| 2.3.2. Ventajas y desventajas                           | 21 |
| 2.4. Hidrogels  | 22 |
| 2.4.1. Uso como mejorador de sustrato                   | 23 |
| 2.4.2. Uso como acondicionador de semillas              | 28 |
| 2.4.3. Uso para ayuda al trasplante                     | 29 |
| 2.5. Cultivo del pepino en invernadero                  | 30 |
| 2.5.1. Clasificación taxonómica                         | 31 |
| 2.5.2. Cultivo en invernadero                           | 31 |
| 2.5.3. Requerimientos ambientales                       | 31 |
| 2.5.4. Labores preparatorias y fertilización            | 32 |
| 2.5.5. Plantación                                       | 32 |
| 2.5.6. Riegos   | 32 |
| 2.5.7. Poda   | 33 |
| 2.5.8. Cosecha  | 33 |
| 2.5.9. Control de plagas y enfermedades                 | 34 |
| 3. Materiales y métodos                                 | 35 |
| 3.1. Ubicación del área experimental                    | 35 |
| 3.2. Diseño experimental                                | 36 |
| 3.3. Materiales   | 38 |
| 3.3.1. Elaboración de hidrogel                          | 38 |
| 3.3.2. Equipo   | 38 |
| 3.4. Método   | 38 |
| 4. Resultados y análisis                                | 41 |
| 4.1. Humedad del sustrato                               | 41 |
| 4.2. Altura de la planta                                | 42 |
| 4.3. Número de hojas                                    | 43 |
| 4.4. Rendimiento  | 44 |
| 4.5. Costos de producción                               | 45 |
| 5. Conclusiones   | 47 |
| 6. Bibliografía   | 49 |
| 7. Apéndice   | 54 |

## INDICE DE FIGURAS

|   |    |
|---|----|
| Clasificación de las arcillas   | 12 |
| FIG. 1. Contenido de humedad en el suelo  | 17 |
| FIG. 2. Ubicación del experimento dentro del invernadero  | 37 |
| FIG. 3. Ubicación de los tratamientos dentro de las camas   | 37 |
| FIG. 4. Forma del tutor del pepino dentro de las camas  | 39 |
| GRAFICA 1. Evaluación de hidrogel en diferentes sustratos;<br>comparando el rendimiento por corte, en cada uno de los<br>tratamientos (Número de frutos totales por tratamiento). | 60 |
| GRAFICA 2. Evaluación de hidrogel en diferentes sustratos;<br>comparando el rendimiento por corte, en cada uno de los<br>tratamientos (Gramos de fruto totales por tratamiento).  | 61 |

## INDICE DE CUADROS

### CUADRO NUMERO

|    |   |    |
|----|---|----|
| 1. | Análisis de varianza para humedad del sustrato                  | 55 |
| 2. | Prueba de medias para humedad                                   | 55 |
| 3. | Análisis de varianza para altura de la planta                   | 56 |
| 4. | Prueba de medias para altura                                    | 57 |
| 5. | Análisis de varianza para número de hojas                       | 57 |
| 6. | Prueba de medias para número de hojas                           | 58 |
| 7. | Resultados de producción de frutos por tratamiento              | 58 |
| 8. | Medias de resultados por tratamiento y por parámetros a evaluar | 59 |

## A .RESUMEN

La evaluación de un hidrogel elaborado con métodos rústicos, en tres sustratos diferentes con un cultivo de pepino Var. Slice max, bajo cubierta plástica, consistió en probar en los siguientes sustratos: sustrato arcilloso, sustrato areno - arcilloso y sustrato orgánico (arena + arcilla + estiércol + hojarazca); la capacidad de retención de agua por el hidrogel, colocando un sustrato con hidrogel y el mismo sustrato sin hidrogel para comparación del mismo, siendo así para cada sustrato; teniendo 4 repeticiones por tratamiento, realizando un análisis factorial y con un arreglo experimental completamente al azar. Resultando con mayor eficiencia el sustrato arcilloso con hidrogel, igualando el rendimiento promedio de pepino en invernadero, así , como la humedad del sustrato y superando al resto de los sustratos.

## 1.

## I N T R O D U C C I O N

La presente investigación está enfocada al aprovechamiento de uno de los tantos polímeros existentes en el mercado, a partir de la inquietud de uno de estos en particular, se elaboró un hidrogel (Alcohol polivinílico PVA + UREA + POTASA) en laboratorio y con técnicas rústicas. Tratando de aprovechar las mismas características que otorgan los polímeros, de adsorber agua (teniendola disponible para las plantas), acondicionador de suelos, liberación de fertilizantes, aumento en la producción, etc. Viendo si se comporta igual ó semejante a los hidrogels comerciales.

Como uno de los recursos más explotados, siendo de primera necesidad y de un costo elevado de obtención, al recurso agua se enfoca principalmente la investigación; aparte que las características de los suelos en nuestro país, son

deficientes. En México el 70% de la agricultura se desarrolla en suelos erosionados con altos contenidos de sales, con poca capacidad de retención de humedad, compactos tal como las arcillosas, de bajo drenaje (7). El porcentaje para la cantidad de zonas desérticas y semidesérticas es de 40.5% de la superficie del territorio nacional, con una extensión aproximada de 79,670,911 Has.(10). Debido a que el país se encuentra dentro del cinturón desértico en los paralelos 20 y 40 grados. Y una de las maneras de optimizar el recurso agua y mejorar las condiciones de los suelos, es mediante el uso de plásticos. En México, la superficie que emplea agroplásticos se ha incrementado en 20,000 Has. en los últimos 11 años (1989) (28), así como, en el consumo de materiales plásticos.

Este incremento en el consumo de agroplásticos en la agricultura nacional, es similar al que se ha observado en otros países, ésto es en consecuencia a la alta demanda de alimentos y a la necesidad de hacer más eficientes los sistemas de producción, la rentabilidad y la ampliación de épocas de cosecha.

Y para éstos fines, se ha demostrado que los plásticos en la agricultura han sido eficientes en diversidad de climas, de suelos y de cultivos; mostrando una optimización de los recursos e incrementando la productividad agrícola.

Algunos beneficios que nos otorgan son:

- 1.-Economiza hasta un 80% del agua de riego; cuando se emplean conjuntamente el riego por goteo y acolchado de suelos, tanto en invernadero como a cielo abierto.
- 2.- Incrementa el rendimiento de los cultivos, hasta en un 60% o más.



- 3.- Amplía la frontera agrícola, ya que se pueden controlar los efectos adversos del clima, las características físicas del suelo, reduce los efectos de indisponibilidad del suelo, así como la salinidad.
- 4.-Proporciona a los cultivos condiciones ideales de crecimiento, tanto así, que se pueden obtener cosechas fuera de época y se puede establecer cualquier cultivo, aún no siendo factible su explotación bajo condiciones normales o naturales..
- 5.-Controla y combate las plagas y malezas.
- 6.- Permiten la planeación y programación de producciones.
- 7.- Mejoran la calidad del producto.

Aunque a pesar de todo lo que nos pueden proporcionar los plásticos en la agricultura; se estima que las personas subnutridas llegan a 750 millones, en los países en desarrollo (1984)(6) y se espera que la población mundial supere los 6,000 millones a fines de siglo, por lo que a los expertos agrícolas se les pregunta: "los superabsorbentes pueden ayudar a cultivar más alimento" ?

El profesor M. de Boot, de la Universidad de Gantes en Bélgica, predijo en 1975; "La humanidad descubrirá nuevos y mejores usos para los acondicionadores de suelo y, de ese modo, la nueva técnica contribuirá a aliviar al mundo de las hambrunas " (6). Más que nada la existencia de éste producto polimérico es con la intención ó la necesidad de optimizar los recursos y de la conservación ecológica, principalmente del recurso agua.

## 1.1. OBJETIVOS

- **Evaluar la respuesta de la adición de hidrogel a tres diferentes sustratos, en el desarrollo de plantas de pepino bajo cubierta plástica.**
- **Evaluar cualitativamente la capacidad de retención de agua en el suelo, por el polímero (hidrogel) y la disponibilidad para las plantas de pepino bajo condiciones de cubierta plástica.**

## 1.2. HIPOTESIS

- **Si se adiciona hidrogel a un sustrato con cualquier tipo de estructura y textura, entonces el desarrollo de las plantas será mejor y más rápido.**
- **Si el hidrogel se encuentra elaborado por un polímero, entonces su presencia en el suelo va a permitir que el sustrato retenga agua por medio del mismo.**

## 2.

# REVISION BIBLIOGRAFICA

### 2.1. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LOS SUELOS.

Las propiedades físicas pueden evaluarse por inspección visual , por el tacto y por laboratorio; éstas propiedades nos dan una característica física de los suelos, determinando principalmente la textura y estructura. Cada tipo de suelo presenta un conjunto peculiar de propiedades físicas, que dependen de la naturaleza de sus componentes, de las cantidades relativas de cada uno de ellos y de la manera en que se hallan mutuamente acoplados.

Los suelos se componen de sólidos, líquidos y gases mezclados en proporciones variables; la fase sólida (componentes orgánicos e inorgánicos) es

muy heterogénea, estable y se encuentra formada por una mezcla de materiales que se diferencian en su composición, constitución y propiedades (se les puede separar de acuerdo a su tamaño, origen y propiedades). La fase líquida y gaseosa son muy inestables (aguas y soluciones); las cantidades relativas de agua y aire presentes, dependen mucho de la intensidad de las uniones entre las partículas sólidas. Los agregados de partículas pequeñas tienden a ser muy distintas de los que constan de partículas grandes, determinando ésto la textura y estructura de un suelo.

### 2.1.1 Textura.

La textura se refiere a la proporción relativa de arena, limo y arcilla en el suelo; específicamente la clasificación de la textura se hará en la cantidad de partículas menores de 2 mm de diámetro (USDA).

La textura del suelo es una característica en extremo importante, afecta las propiedades físicas, químicas y biológicas. En términos generales, los suelos se dividen en suelos de textura gruesa y textura fina. En los suelos de textura fina, predomina la arcilla y tienen mayor superficie activa, son de mayor capacidad de retención de agua, debido a su mayor área superficial; tienen un mayor espacio poroso total que los suelos arenosos y los suelos arenosos son más porosos y permiten una más rápida filtración de agua, tienen mayor número de macroporos, que funcionan en el movimiento del aire y del agua.

Cada tipo de partículas presentes en el suelo, realiza su contribución a la naturaleza del mismo como entidad. La arcilla y la materia orgánica, son importantes por su capacidad de almacenar nutrientes y agua. Las partículas más

finas pueden además ayudar a unir entre sí otras partículas mayores, formando agregados. Las partículas más grandes (arena) constituyen el esqueleto del suelo, ayudan a conseguir una buena aereación y permeabilidad.

Los suelos arenosos son generalmente muy permeables al aire, agua y raíces; pero, presentan dos importantes limitantes, la primera, es su bajo poder de retención de agua, y su deficiente capacidad de almacenamiento de nutrientes; siendo por lo tanto muy pobres en materia orgánica.

La superficie de la arcilla no solo es grande, sino que, además se halla cargada eléctricamente; tal circunstancia, proporciona a las arcillas la capacidad de retener nutrientes en su superficie de forma utilizable por las plantas. Los suelos que contienen demasiada arcilla presentan una elevada capacidad de retención de agua, pero su aereación no suele ser suficiente; aparte de ser muy pegajosos.

Pero las arcillas han sido clasificadas de acuerdo a su contenido de minerales y específicamente con base a las propiedades cristalinas de las arcillas se han definido en forma más precisa 3 grandes grupos de materiales silicatados: Kaolinita, Montmorillonita y Micas hidratadas.

La característica distintiva de estos minerales arcillosos, es la magnitud que alcanza la expansión de la red del mineral al adsorber agua y otras moléculas polares en la intercapa, la cual las arcillas del tipo 2:1, es mucho mayor que la registrada por otros minerales que también manifiestan expansión. La expansión es consecuencia del aumento del espacio de intercapa y con ello del espacio basal. Las arcillas del tipo 2:1, se refieren éstos dígitos a la cantidad

de relación aluminio - silice. Otra característica que brinda éste tipo de arcillas, es la elevada capacidad de intercambio catiónico (CIC) (15).

COLOIDES  
ORGANICOS

|                         |  |   |
|-------------------------|--|---|
| Arcillas<br>Silicatadas | I. Grupo del Kaolin  | Kaolinita<br>Dicktita<br>Anauxita<br>Haloísita<br>Metahaloísita           |
|                         | II. Grupo de las<br>Montmorillonitas                                 | Montmorillonita<br>Beidellita<br>Nontronita<br>Hectorita<br>Saponita      |
|                         | III. Grupo de las<br>Micas Hidratadas<br>(menos alcalis más<br>agua) | Muscovita<br>Seladonita<br>Biotita<br>Filita<br>Glauconita<br>Serospatita |
|                         | IV. Sin<br>denominación  | Clorita<br>Vermiculita<br>Sepiolita<br>Atapulgita                         |
| Arcillas de Hidróxidos  |  |   |

### 2.1.2. Estructura.

Dos suelos con la misma textura pueden, sin embargo, presentar propiedades físicas claramente distintas, debido a que sus partículas exhiben ordenaciones específicas. La ordenación de las partículas individuales para formar unidades mayores, se llama estructura del suelo, y resulta de la tendencia que experimentan las partículas más finas, especialmente las arcillas y el humus, a unirse entre sí.

Los agregados o unidades estructurales, constituyen agrupaciones naturales de partículas primarias (arena, limo y arcilla) que ocurren y persisten en el suelo. Su origen natural y su persistencia los distinguen de los terrones, causados por alteraciones como el arado.

Los agregados presentan diferentes formas: por su tamaño pueden ser gruesos, medios ó finos; y por su grado de desarrollo débiles moderados ó fuertes. La detección de los agregados débiles requiere una observación atenta, mientras que los fuertes son inmediatamente visibles y pueden separarse unos de otros con facilidad. Algunos suelos, sobre todo si son pobres en arcilla, carecen totalmente de ellos. La presencia de agregados es muy importante en los suelos arcillosos, ya que mejora su permeabilidad.

El aire, el agua y las raíces se mueven con mayor rapidez entre ellos que a su través. Un suelo con estructura es mucho más permeable que otro carente de ella.

La estructura del suelo superficial es importante respecto a:

- a.- aereación.
- b.- la permeabilidad y su relación con la escorrentía.
- c.- el grado de resistencia a la erosión, y
- d.- la formación de una cama adecuada para la germinación de las semillas de los cultivos.

Afectando así, la productividad del suelo y la facilidad de labranza.

La estructura, especialmente en el suelo superficial puede ser alterada por las labores de cultivo, mientras que la textura no cambia por las operaciones usuales de laboreo. Otras características que no son modificadas tanto ó más que las anteriores, en los suelos, son: color, temperatura y consistencia.

Una manera de clasificar el tipo de estructura, es de acuerdo a la forma del agregado (25):

i) Estructura simple; los planos de división están ausentes ó son indistintos.

a) Estructura de granos simples; se encuentra normalmente, en arenas y limos con bajos contenidos de materia orgánica. En las arenas, la estructura de granos simples permiten la aereación y un máximo de movimiento de agua capilar. En los demás suelos es indeseable, ya que ocasiona la ausencia total de poros grandes, deseables y necesarios para una aereación satisfactoria.



b) Estructura masiva; es similar a la anterior excepto que es coherente ( tiene la forma de costras, capas duras llamadas fragipan, piso de arado, etc.).

ii) Estructura compuesta; los planos naturales de división se distinguen perfectamente. El tamaño de los distintos terrones de la estructura compuesta del suelo puede describirse según las longitudes relativas, los ejes vertical y horizontal, y los contornos de sus bordes.

a) Estructura cúbica.

b) Estructura columnar prismática.

c) Estructura laminar.

Por los contornos:

a) Estructura angular; sus esquinas y bordes son afilados.

b) Estructura subangular; sus esquinas son redondeadas y sus bordes son afilados.

c) Estructura granular; todos los bordes son redondos.

### 2.1.3. Relación suelo - agua.

Si se toma como base un volúmen, los sólidos ocupan entre el 40% y el 70% del espacio total de los suelos. Por lo general, el espacio que no ocupan los sólidos está lleno de agua y aire; este a su vez, contiene vapor de agua.

El agua ó vapor de agua (el vapor de agua forma una película que envuelven las partículas sólidas) se retiene en las partículas sólidas por efecto de la fuerte atracción que ejercen éstas, las fuentes de atracción son: 1) los enlaces de hidrógeno ( es decir, la atracción mutua que existe entre los átomos de oxígeno del agua y la superficie de las partículas de suelo con respecto a los átomos de hidrógeno del agua), y 2) la hidratación de los cationes intercambiables. A medida que el espesor de la película de agua disminuye, la fuerza de retención del agua aumenta. Y para poder eliminar está película de agua, sea por medio de las plantas ú otra forma, es necesario emplear energía suficiente como para vencer la atracción que el agua ejerce sobre el suelo (4).

### 2.1.4. Movimiento del agua en el suelo.

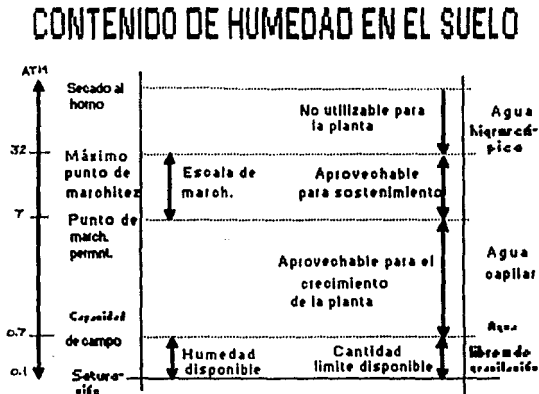
El movimiento del agua en el suelo se va a encontrar en función de las características físicas del mismo. La velocidad del flujo del agua en los suelos, saturados o no, es proporcional al gradiente de potencial (cm de agua por cm de distancia ó bares por metro). En general, el agua va a tener mayor movimiento en un espacio poroso mayor, por ejemplo, en suelos de textura gruesa (arenas) permiten velocidades altas de flujo en condiciones de casi saturación a succiones de matriz baja; pero los poros pequeños y películas através de los cuales fluye el agua a succiones de matriz alta, son más frecuentes en suelos de textura fina.

Esto es porque; a medida que la succión de matriz se eleva desde el valor de cero, el aire penetra primero en los poros más grandes y luego, en forma progresiva, en los más pequeños (4).

### 2.1.5. Relación con la planta.

La estructura, textura, la presencia de agua y su movimiento; nos trae como consecuencia, que tanto puede ser aprovechable por la planta.

FIG. 1.- Cantidad de humedad en el suelo, representando gráficamente el aprovechamiento por la planta; FUENTE: Depto. de Agricultura de los Estados Unidos, 1972.



El suelo es como un aljibe de almacenamiento; su capacidad se limita al volúmen total de agua que puede retener según sus dimensiones y el punto límite de marchitamiento.

La capacidad del terreno se considera como la cantidad de agua que un suelo con buen desagüe retiene después de que el agua libre ha sido filtrada, es decir, la cantidad máxima que puede retener en contra de la gravedad. (varía de 0.1 a 0.7 atm).

El punto permanente de marchitamiento, conocido como porcentaje de marchitamiento permanente, representa el índice de humedad del suelo en el cual las plantas no obtienen lo suficiente para sus necesidades de transpiración. En ésta situación, la planta se marchita y así permanece hasta que se le suministra más agua ( la tensión varía de 7 a 32 atm ).

La escala de marchitamiento, equivale a la escala del contenido de humedad del suelo, por la cual las plantas pasan progresivamente hasta llegar al nivel permanente o irreversible de marchitamiento (fig 1).

## **2.2. PLÁSTICOS EN LA AGRICULTURA**

Las estadísticas nacionales presentan una elevada tendencia al uso de plásticos en la agricultura debido a su gran eficiencia y su elevada optimización.

Principalmente se observa un desarrollo en la agricultura con plásticos en los cultivos de tomate, chile, calabacita, pepino, uva y fresa. Los estados que produjeron más hortalizas y frutos para exportación (86 - 87) fueron: Sinaloa

(721,100 Ton), Baja California Norte (211,600 Ton), Sonora (152,000 Ton) y Michoacán (116,600 Ton); siendo éste relacionado con el consumo de plásticos (28).

Los agricultores que hacen uso de plásticos para la explotación de recursos en el campo, lo relacionan mediante las siguientes técnicas:

- I.- Acolchado ó arropado de suelos.
- II.- Cubierta flotante.
- III.- Microtúnel.
- IV.- Macrotúnel.
- V.- Invernaderos ó abrigos.
- VI.- Riego localizado.
- VII.- Mallas.
- VIII.- Esterilización de suelos.
- IX.- Embalses artificiales.
- X.- Ensilado de forrajes.
- XI.- Envase y embalaje.
- XII.- Hilos y tejidos de rafia.

Y de una manera especial, pero muy poco usual y conocida, es la técnica de modificación estructural del suelo; en México el 70% de la agricultura se desarrolla en suelos erosionados con altos contenidos de sales, con poca capacidad de retención de humedad como los arenosos, compactos tal como los arcillosos, y de bajo drenaje. Pudiéndose mejorar considerablemente con la aplicación de espumas de UREA - FORMOL ó de Poliestireno; también, pueden emplearse mantas ó redes de plástico fabricadas a base de fibras y filamentos de

polipropileno, poliéster y poliamidas (polímeros). También puede emplearse polímeros (semejantes a los anteriores) con alta retención de humedad en el suelo, haciendo un uso más óptimo del recurso agua, evitando que ésta se evapore al medio ambiente y pueda ser aprovechada por las plantas. Se ha logrado éste propósito aplicando polímeros "solubles" en el área radicular y en semillas se peletiza para facilitar su manejo y acelerar la germinación; aparte de proporcionar agua, pueden proveer de fertilizantes y reguladores hormonales que mejoran el desarrollo y crecimiento del cultivo. Estos polímeros reciben el nombre de hidrogels, superabsorbentes ó acondicionadores plásticos de suelos.

### **2.3. CARACTERÍSTICAS DE LOS PLÁSTICOS ACONDICIONADORES DE SUELOS.**

#### **2.3.1. Características generales.**

Los plásticos acondicionadores de suelos, son formados de polimeros solubles en agua; éstos polímeros son subproductos de derivados del petróleo. Y son utilizados más comunmente como resinas, en pinturas automotivas, barnices, ductos, etc.

Los polímeros son la unión de más de dos monómeros; los monómeros son solubles en agua y por lo tanto los polímeros también, pero cuando éstos se reticulan ( se forma una red de polímeros) cambian drásticamente sus propiedades físicas y químicas, y casi siempre éste cambio es favorable para las diversas aplicaciones que tienen en la industria, medicina y agricultura.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Los polímeros hidrosolubles, al ser reticulados forman hidrogels de importancia en la medicina como biomembranas, y en la agricultura como retenedores de agua principalmente. Una vez reticulados éstos polímeros ya no son solubles en agua, pero adsorben agua por hinchamiento, con lo cual, la evaporación de ésta es lenta, ya que con ésto el proceso de adsorción y evaporación se puede repetir infinidad de veces. La formación de un hidrogel depende de varios factores: el peso molecular del polímero inicial, el método de formación del hidrogel, el estado físico del polímero, la humedad que contiene el polímero y la presión a que se somete éste.

### 2.3.2 . Ventajas y desventajas.

Debido a sus propiedades, los hidrogels pueden ser usados en la agricultura proporcionando los siguientes beneficios:

- + Proporciona agua de acuerdo a las necesidades de la planta, no teniendo problemas de encharcamientos y haciendo uso más eficiente del recurso. Debido a que el polímero adsorbe agua y cuando encuentra un gradiente hídrico libera el agua. Ya que un polímero puede adsorber hasta 800 veces su peso en agua (6).

- + Proporciona nutrientes, reguladores hormonales ú otros productos solubles en agua, que pueda adsorber el polímero ó que mediante el proceso de reticulación sea incorporado al hidrogel.

- + Acondicionamiento de la estructura del suelo, por ser parecido a una arcilla, tiene la capacidad de formar agregados en suelos arenosos y en suelos arcillosos actúa de una manera contraria, permitiendo un mayor espacio poroso.

Las desventajas que presenta es su costo, que puede variar desde 10 hasta 30 dolares (US) el kilogramo; y debiendo colocar aproximadamente 18,000 Dlls

por hectárea para obtener un buen resultado. Y en suelos con buenas condiciones se aplica por lo menos 3,000 Dlls/ Ha. Aparte que no puede ser aplicado en suelos salinos por el potencial osmótico ( que será visto posteriormente )(6).

Los acondicionadores de suelo existentes en el mercado, que son formados a partir de polímeros, son los hidrogels y las láminas de UREA-Formol; éstas láminas se aplican de 1.0 a 1.5 metros de profundidad, en forma de espuma y posteriormente toma una consistencia dura, formando una lámina adsorbente de agua, pero, es muy costosa su aplicación debido a que requiere maquinaria especial para su aplicación y aparte el mismo costo del UREA- Formol.

#### 2.4. HIDROGELS.

Las propiedades de los hidrogels, fueron puestas a prueba en los años 50's, donde empresas químicas les dieron uso en viveros y campos de golf de países desarrollados. Apartir de entonces, comienza una fuente a estudiar para conservación de recursos aplicables a la agricultura.

En la actualidad existen ya una gran diversidad de polímeros, con diversas propiedades y características, y de diversos plásticos o fuentes de origen. Con ya ciertas especificidades de aplicación, tanto en cultivos, como para sus usos. Pero la principal razón por la que han entrado al mercado agrícola, es por la adsorción de agua y liberación lenta de la misma, para disponibilidad de la planta. Aparte de la cualidad de retener agua, entre otras propiedades cuenta con: proporciona tamaño y estabilidad a agregados, bajo índice de erosión, controla la porosidad total y el tamaño individual del poro en el suelo; pero todas



éstas propiedades son reguladas a su vez, por cada uno de los tipos y grado de aplicación de gel ó el potencial osmótico de la solución usada para hidratar el gel. Por ejemplo en la URSS (hoy Rusia), los investigadores informaron que la poliacrilamida (PAA), agregada a la arena de las estepas y a suelos semidesérticos en una proporción de 0.5% de volúmen del suelo mejora notablemente la estructura del mismo (6).

Las hinchadas partículas de PAA ayudan a unir el suelo en terrones estables, mejorando la retención de agua, la aereación, la resistencia a la erosión; y así, aumentando la fertilidad del suelo y el crecimiento de las plantas. Al igual un estudio en 1985, en Egipto, por Azzam (3); evaluó el comportamiento de un suelo arenoso acondicionado con gel (RAPG) y un suelo arcilloso y fértil del Valle del Río Nilo; concluyendo que el suelo arenoso acondicionado, tuvo una respuesta de estabilidad 4 veces mayor que la del suelo fértil.

Pero precisamente, los usos que son aplicables a éste tipo de materiales son tres principalmente: a) mejorador de sustratos de producción, b) acondicionador de semillas y c) como ayuda al trasplante.

#### **2.4.1. Uso Como Mejorador de Sustratos**

Este polímero y otros actúan como si fuesen arcillas del tipo 2:1; en el cual van a permitir estabilidad de agregados, el tamaño del mismo, porosidad total y tamaño del poro individual y principalmente por comportarse de esa manera van adsorber grandes cantidades de agua, llegando a adsorber hasta 800 veces su peso en agua.

Pero como es que la adsorbe?, por su estructura en forma de red, tiene la capacidad de extenderse y contraerse infinidad de veces, pero la adsorción se encuentra regida por un gradiente de potencial hídrico (Osmosis).

El potencial hídrico se encuentra influenciado por los siguientes factores:

- 1.- Concentración de solutos.
- 2.- Temperatura.
- 3.- Fuerza de superficie ó matriz.
- 4.- Presión.

En una solución ideal la fórmula sería:

$$P = P_s + P_p + P_t + P_m$$

donde:

P = Potencial hídrico

P<sub>s</sub> = Potencial de soluto.

P<sub>p</sub>= Potencial de presión

P<sub>t</sub> = Potencial de temperatura

P<sub>m</sub>= Potencial de matriz

A la concentración de solutos se le conoce como potencial osmótico ó potencial de soluto; éste potencial lo afecta la cantidad de sales ó solutos electrolíticos existentes en la solución. Por lo tanto, se deduce que a mayor concentración de solutos, el potencial de soluto es menor y, por lo tanto, es menor también el potencial hídrico y a su vez no hay adsorción de agua, o es menor. Y donde el potencial de matriz, es la fuerza de superficie ó matriz, que son moléculas complejas que tienen en su superficie carga; guardando una relación inversa con el potencial hídrico.

En el caso de una solución del suelo, donde se encontraría el hidrogel al aplicarlo, la fórmula osmótica involucra unicamente a:

$$P = P_s + P_m$$

En la fórmula no se considera el potencial de presión y de temperatura, debido a que el suelo no tiene cambios bruscos de temperatura y presión.

Entonces para que el hidrogel pueda adsorber agua o adsorberla a su mayor capacidad, no debe haber presencia de sales y las fuerzas de matriz deben ser menores; siendo de ésta manera el potencial hídrico del gel menor al del sustrato ó fuera del gel. Pero a pesar de esto, estudios reportan que en diversos cultivos, tanto en invernadero como en campo, con la incorporación de hidrogels en los medios incrementa la humedad, retarda el período de stress en plantas trasplantadas y también reduce el número de riegos. Y con el incremento en la proporción de aplicación de gel incrementa la capacidad de retención y la duración de la humedad en el sustrato (11, 2, 21, 13 y 16).

La mayoría de los estudios se han realizado en suelos arenosos con incorporación de hidrogels, Azzam, nos reporta que se denotan tres caminos que los hidrogels toman para preservar agua: 1) segura adsorción de agua por aparente vía matriz polimérica, 2) agua libre incubada en agregados estructurales y 3) recuperación de agua condensada, como un resultado de la cobertura de la superficie del suelo con el polímero (11).

Otras pruebas en suelos arenosos de Egipto, M. de Boot; encontró que el consumo de agua se había reducido claramente, que la germinación de la semilla había progresado y la absorción de nutrientes había mejorado al agregar el 0.4%

de polivinilacetato (PVA). Se piensa que los hidrogels siguen siendo activos en el suelo durante más de cinco años (13).

Es tanta su eficiencia en adsorción de agua, que el consumo total de agua ahorrado realizado en suelos arenosos con hidrogels, se aproxima al que encontraríamos que se podría lograr usando una técnica de riego por goteo. Aún los goteros necesitan fertilizantes solubles en agua los cuales, son más costosos que uno normal; incrementando así labor con el método de goteo (11).

Y en cuanto a evaporación y transpiración del agua, tiene el mismo tiempo disminuido que el encontrado en suelos arcillosos. De éste modo, el uso eficiente del agua en suelos arenosos acondicionados llega a casi 150% del suelo arcilloso (11).

Los hidrogels no solo mejoran en condiciones de textura y estructura del suelo, sino también, en condiciones de conservación; el índice de erosión de la arena acondicionada también llega a ser más de cuatro veces que el suelo arcilloso. Se realizó un experimento en el cual se simulo la erosión de un tornado, en un cultivo de cebada; en un suelo en proceso de erosión. Se llegó al resultado que el suelo con hidrogels no tuvo pérdidas de sustrato por erosión, aparte que aumento rendimiento (3). Aparte de conservar no altera la actividad bacteriológica; sino que, conserva el nicho microbial, incrementando principalmente las poblaciones de bacterias nitrificantes, azotobacter, azospirilla y clostridium; pero se localizan en una zona muy limitada (11).

La eficiencia de los hidrogels también va a depender de la aplicación, y dentro de la aplicación se involucra la cantidad y el tipo de hidrogel. Se

recomienda aplicar desde el 0.4% hasta el 0.5% del volúmen del suelo; siendo en función de las condiciones estructurales y texturales del suelo, siendo para un suelo arenoso la mayor proporción a aplicarse. Y las presentaciones en que se puede encontrar son granular y no granulado.

A partir de esto se hacen aplicaciones pre ó post plantación ó siembra, pero lo más frecuente es presiembra ó preplantación. Con hidratación antes de la aplicación, se le permite hidratarse en un 80% como mínimo con agua, para obtener germinados; ultimamente se hidrata con soluciones nutritivas, la solución más común, es la solución Hoagland. Por ejemplo; un gel no granular de Silicato de magnesio, cuando se hidrata con 0.5 a 2 partes de solución Hoagland, ayuda a la producción de peso seco de plántulas de tomate, y los resultados de éste estudio también demostraron, que sí los hidrogels granulares solubles son hidratados con todos los nutrientes esenciales, puede ser un medio de cultivo efectivo para las plántulas (22, 23). El hidrogel es aplicado directamente al suelo sin preparación ó prehidratación, para una segura humedad, se debe aplicar mezclado en estado seco con suelo completamente seco ó aplicado emulsificado en agua en suelos húmedos. Cuando es aplicado seco, influye la forma de riego, ya que es más eficiente en, éste caso, el riego en lámina que el riego localizado; debido a que así el polímero capta con mayor facilidad el agua existente, aparte de la que atrapa con los agregados que forma, a consecuencia del potencial hídrico (22).

La fertilización con este tipo de material se realiza de diversas maneras; la primera es que se proporcione todos los elementos esenciales al momento de preparación del gel, ya que al hidratarse se forma una solución dentro del hidrogel; aunque, puede disminuir su capacidad de adsorción; pero aún así,

Finch - Savage y Cox, encontraron que en plántulas de zanahoria se incrementó la producción por la incorporación de 2% de fosfato diamónico en gel. También se incrementó el desarrollo de las plántulas de tomate, resultado de la adición de más de 500 ppm P de  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ , en cinco tipos de hidrogels (22).

La segunda forma de fertilizar, fue ya mencionada anteriormente, es por hidratación antes de aplicarlo, con solución nutriente de Hoagland de 0.5 a 2 partes. Y la última manera, es aplicar fertilizante común ya establecido el cultivo y aplicado el hidrogel. Aunque éste es un factor que puede determinar la capacidad de adsorción del hidrogel, siendo la cantidad de sales que contenga él mismo ó que sea suministrado por medio de sales fertilizantes, como son los cationes divalentes (Ca y Mg) pueden obstruir al polímero; así al igual sucede con el hierro; disminuyendo la capacidad de adsorción del hidrogel (13,20). Esto es debido al bajo potencial osmótico, por la alta conductividad eléctrica que nos la determina la concentración alta de sales. Aunque a pesar de ello, los nutrientes se encuentran de una manera más asimilable para la planta. Y no solo se le pretende dar la capacidad de proporcionar nutrientes, sino , también proporcionar hormonas, plaguicidas y otros productos esenciales para la producción; liberandolos de una manera lenta y proporcional, como si fuesen fertilizantes de liberación lenta (11).

#### **2.4.2. Uso Como Acondicionador de Semillas.**

Existen otros usos de los polímeros como hidrogels; por ejemplo, compañías estadounidenses venden superabsorbentes en polvo y en gelatina como capa protectora de semillas; la idea es que posterior al riego la capa

polimérica adsorbe el vapor y la humedad del suelo, facilitando la ruptura de la testa de la semilla y acelere la germinación, y esto nos trae como consecuencia una reducción a la exposición de brote de patógenos y aumenta el rápido crecimiento de las raíces. En el caso de semillas de maíz, soya, algodón y girasol; así tratadas, los rendimientos se incrementaron en un 26% al promedio (6).

#### **2.4.3. Para Ayuda al Trasplante.**

Los hidrogels pueden ser aplicados directamente a raíces de cultivos comerciales. El ritmo de crecimiento de plantas jóvenes de tabaco aumento enormemente, cuando sus raíces fueron envueltas en una gelatina polimérica antes de ser trasplantadas, se necesitó unicamente 3 Kg. de superabsorbente por hectárea (6). Este mismo principio puede ser aplicado a la silvicultura, especialmente en las zonas áridas y tropicales, donde la lluvia es a menudo irregular como para garantizar la supervivencia de los retoños apenas trasplantados. Echols en 1990 (12); probó con diversas especies de pino ( *Pinus loblolly*, *P. taeda*, *P. echinata* ) la efectividad de la inmersión de raíz al trasplante en hidrogel, en un lugar propenso a la sequía en Texas; teniendo un resultado de supervivencia mucho más elevado que el testigo.

Otros estudios indican, que la incorporación de hidrogels en medios de baja capacidad de retención de agua, puede éste material retardar la disminución de humedad disponible en plantas recién trasplantadas (19).

Ultimamente se está aplicando los hidrogels a contenedores individuales para trasplante (peat) y también proveer de nutrientes (osmocote); menciona

Wallace (27) que el hidrogel mantiene la estabilidad y la forma del block contenedor (peat), aparte de proveer de agua; puede hidratarse antes del trasplante el peat completo y así trasplantarse, sin que sea inmediatamente regado después del trasplante. Esto trae como consecuencia, que la raíz no es expuesta al aire y no sufre stress por cambio de sustrato; desarrollando más rápidamente (22).

En general se calcula que la germinación, la altura y la materia seca de las plantas tratadas ó con sustrato mejorado con hidrogels, se incrementa a más de un 150 - 160 % que los cultivados en suelos arcillosos. La producción en campo se incrementa por más de un 260 - 280% de un suelo arenoso sin hidrogel y por 160 - 180% de un arcilloso fértil; y además existe una reducción en el consumo de agua y el uso eficiente de fertilizantes (3).

## **2.5. CULTIVO DEL PEPINO EN INVERNADERO.**

El pepino procede de Asia y Africa, es una planta anual de las cucurbitáceas, con tallo herbáceo rastrero o trepador; con fruto alargado y cilíndrico de cáscara lisa más ó menos verrugosa, de variados colores en verde, con tonos desde el intenso hasta el blanco estriado y el amarillo.

El cultivo es para la producción de pepinos que se consumen frescos y para los destinados a la industria de las conservas.



### **2.5.1. Clasificación Taxonómica**

FAMILIA : Cucurbitacea

GENERO: Cucumis

ESPECIE: C. sativus

### **2.5.2. Cultivo en invernadero**

La variedad de pepino ocupado para el experimento, es un híbrido japonés de var. Slice max; teniendo como característica principal, que es un pepino que no produce flatulencia (antieructivo), se consume con cáscara, ya sea en fresco ó como tradicionalmente lo preparan en Japón, como conserva en sal.

### **2.5.3. Requerimientos Ambientales.**

El pepino requiere una temperatura de germinación entre 12 - 35 °C., de desarrollo entre 18 - 25 °C.; la planta se hiela a -1 °C.. Es una planta que requiere humedad relativa alta, al orden del 70 al 90%; el pepino es exigente en luminosidad, principalmente cuando está en floración. Requiere de suelos de textura media, arenoso - arcilloso, aunque admite una gama amplia de sustratos; pero requiere suelos muy fértiles por su productividad y su desarrollo en poco espacio. Es una planta que necesita humedad en el suelo, pero no admite encharcamientos, requiere terrenos que drenen bien y puedan regarse con frecuencia. El pH idóneo para éste cultivo es de 6 a 7.2 (26).

#### **2.5.4. Labores preparatorias y fertilización**

Se desinfecta el sustrato y se homogeneiza, se aplica una fertilización de fondo con fertilizante fosforado y se da un riego dos ó tres días antes de la siembra ó trasplante. El pepino es muy exigente en abonos nitrogenados; se debe aportar en forma reducidas pero repetitivamente. Los abonos foliares son asimilados facilmente por la planta. El pepino consume por hectárea 50 Kg. de Nitrógeno; 40 Kg de anhídrido fosfórico y 80 Kg de óxido de potásio.

#### **2.5.5. Plantación.**

Las plantas deben trasplantarse con cepellón a una distancia de 0.40 a 0.50 m. entre plantas; se hacen labores de aporque por dos ocasiones y de escarda para mantener las camas libres de malezas. Se empaja a los 15 días de ser trasplantado. Se debe colocar un entutorado para una mejor explotación del pepino.

#### **2.5.6. Riegos.**

Después del primer riego de siembra ó plantación no se vuelve a regar hasta que haya pasado un tiempo comprendido entre veinte y treinta días. Desde el inicio de la floración la planta se vuelve muy exigente en agua del suelo y debe mantenerse humedad constante. Sería conveniente combinar el riego de manguera con el de aspersión a baja altura; los riegos con manguera se deben realizar cada 3 a 4 días y los de aspersión diario.

### **2.5.7. Poda.**

Se poda por debajo de los 40 - 50cm del tallo principal, se eliminan todos los brotes que salgan; también se van eliminando poco a poco las hojas y los frutos que vayan formándose. Desde los 50 hasta 100 cm. se respetan todos los tallos que broten, dejando en cada uno de ellos dos hojas y un fruto, se despuntan todos éstos tallos. A partir de un metro hasta dos metros de altura del tallo principal, se dejan tres hojas y dos frutos todos los tallos que broten; posteriormente se deja vegetar libremente. Se eliminan las flores masculinas (26).

### **2.5.8. Cosecha.**

No se cosecha en plena madurez fisiológica, se debe cosechar cuando: su extremidad apical esté redondeada, las estrías estén menos pronunciadas y el color haya pasado de un tono oscuro a un verde más claro. Se recolecta retorciendo el pedúnculo ó cortando con tijeras. La duración de la recolección es de 50 a 60 días, y la producción media es de 15 Kg por metro cuadrado.

### 2.5.9. Control de plagas y enfermedades.

Las plagas más comunes que compiten con el pepino son:

| PLAGAS                           |  | CONTROL          | DOSIS (l/ha) |
|----------------------------------|--|------------------|--------------|
| Pulgón                           | <i>Aphis gossypii</i> Glover                                       | Phosdrin         | 0.3          |
|                                  | <i>Myzus persicae</i> Sulzer                                       | Metasystox R-50  | 0.5          |
| Mosca blanca                     | <i>Bemisia tabaci</i> Gennadius                                    | Trigard 75       | 0.5          |
| Diabrotica                       | <i>Diabrotica spp</i>  | Folidol M-50     | 1.0          |
| Pulga saltona                    | <i>Epitrix cucumeris</i> Harris                                    | Paratión etflico | 1.0          |
| Chicharrita                      | <i>Empoasca spp</i>  | Folimat 100      | 0.5          |
| Falso medidor                    | <i>Trichoplusia ni</i> Habner                                      | Lannate 90%      | 0.3 Kg.      |
| Minador de la hoja               | <i>Liriomyza sativae</i> Blanchard                                 | Belmark 100      | 1.0          |
| ENFERMEDADES                     |  |                  | Dosis        |
| Enfermedad                       |  | Control          | (Kg/ha)      |
| Cenicilla polvorienta            | <i>Erysiphe cichoracearum</i> DC.                                  | Manzate 250      | 1.5          |
| Cenicilla vellosa                | <i>Pseudoperanospora cubensi</i> Berk                              | Maneb, Zineb     | 1.5          |
| Antracnosis                      | <i>Colletotrichum lagenarium</i> Pass.                             | Dyrene 50        | 2-3          |
| Virosis                          | Se controlan con variedades resistentes y con control de vectores. |                  |              |
| Mosaico del pepino (VMP)         |  |                  |              |
| Mosaico de la sandia (VMS)       |  |                  |              |
| Mancha angular de la hoja (VMAT) |  |                  |              |

## 3.

**MATERIALES Y METODOS****3.1. UBICACIÓN DEL ÁREA EXPERIMENTAL.**

El área experimental se encuentra en la zona de invernaderos, de la carrera de Ingeniería Agrícola, de la Facultad de estudios Superiores Cuautitlán, ubicada en los paralelos  $19^{\circ}27'$  y  $19^{\circ}45'$  de latitud norte y entre los  $99^{\circ}07'$  y  $99^{\circ}14'$  de longitud oeste; a una altura promedio de 2250.0 msnm; dentro del municipio de Cuautitlán Izcalli, Edo. de México. A la altura del kilómetro 2.8 de la carretera Cuautitlán - Teoloyucan.

El experimento se realizó en el invernadero No. 1; con una área de 18m<sup>2</sup>; tomando como unidad experimental 0.75 metros cuadrados y quedó con las siguientes dimensiones, 1.5 x 0.5 x 0.20 cm, con 4 repeticiones cada tratamiento.

En las camas del invernadero se colocaron diversos sustratos para ser evaluados con la presencia de un gel; siendo específicamente los siguientes:

- 1.- Sustrato arcilloso.
- 2.- Sustrato arcillo - arenoso.
- 3.- Sustrato orgánico (que contiene arena + arcilla + estiércol + hojarasca).

### 3.2. DISEÑO EXPERIMENTAL.

El arreglo experimental fué completamente al azar y el análisis estadístico se realizó en un análisis factorial con 4 repeticiones; las pruebas de medias fuerón con pruebas de LSD.

La distribución de sustratos fué completamente al azar, quedando como sigue dentro del invernadero ( fig 2 y3 ):

FIG. 2 Ubicación del experimento dentro del invernadero.

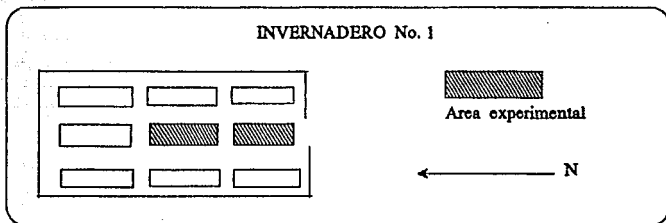


FIG. 3 Ubicación de los tratamientos dentro de las camas

TRATAMIENTOS

|   |   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|---|
| 4 | 5 | 2 | 3 | 2 | 5 |
| 3 | 6 | 1 | 4 | 1 | 6 |

|   |   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|---|
| 2 | 5 | 4 | 5 | 4 | 1 |
| 1 | 6 | 3 | 6 | 3 | 2 |

Los tratamientos quedarán como sigue:

- A.- TRATAMIENTO (1) Sustrato arcilloso
- B.- TRATAMIENTO (2) Sustrato arcilloso con 22 gr de hidrogel
- C.- TRATAMIENTO (3) Sustrato areno - arcilloso
- D.- TRATAMIENTO (4) Sustrato areno - arcilloso con 22 gr de hidrogel
- E.- TRATAMIENTO (5) Sustrato orgánico
- F.- TRATAMIENTO (6) Sustrato orgánico con 22 gr de hidrogel

### 3.3. MATERIALES.

#### 3.3.1. Elaboración de hidrogel.

Los materiales ocupados para la realización del experimento de evaluación, son: Principalmente y el factor a evaluar, es el hidrogel; que se elaboró la reticulación química de Polivinilalcohol (PVA) con adición de UREA y Potasa. Este proceso se realizó en los laboratorios de suelos de Ingeniería Agrícola de la FES- Cuautitlán. Aplicando por **Unidad experimental 22 gr de hidrogel.**

#### 3.3.2. Equipo.

Y como equipo para la evaluación y toma de datos se uso:

- Tensiómetro
- Cinta métrica
- Báscula
- Vernier

### 3.4. METODO

El trabajo se realizó, comenzando con la distribución de los sustratos dentro de las camas y realizando el almácigo. Se trasplantó un mes después, colocando 6 plantas por tratamiento, un mes posterior al trasplante comenzó la floración; pero se realizo poda de flores y se le permitió crecer libremente a los tallos ( no fueron podados ). Colocando un tutor por cada planta y formando una red de 20 x 25 cm (fig 4).



Se aplicó una fertilización de fondo con Super fosfato de calcio triple, 25 gr por tratamiento; y posteriormente se aplicó UREA 7.09 gr y Nitrato de Potasio 6.39 gr por tratamiento, cada 8 días. Y en producción se aplicó además un fertilizante foliar (Greenzit) cada 15 días.

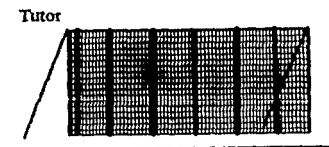


FIG. 4 Forma del tutor del pepino dentro de las camas.

Los riegos se aplicarán cada tercer día, con una cantidad igual para cada tratamiento, regando 8 lt de agua por tratamiento.

Cuatro meses posterior al trasplante comenzó la cosecha de frutos; El retraso en la producción fue debido a una aplicación inadecuada de Bromuro, dentro del invernadero; afectando los ápices y algunas hojas cotiledonares.

Los datos que se recaudaron para la evaluación fueron:

= Cantidad de agua disponible existente en el sustrato; se midió con el tensiómetro, cada tercer día teniendo como parámetros:

10 - 08 = muy húmedo

07 - 05 = capacidad de campo

04 - 01 = seco

= **Altura de la planta;** con la cinta métrica, se midió cada tercer día la altura de las plantas.

= **Número de hojas;** de este parámetro se tomaron únicamente datos hasta que fue posible el conteo de hojas, ya que la densidad de plantas fue muy elevada. Se tomaron medidas cada tercer día.

= **Grosor, peso y largo de fruto;** se midieron con el vernier, cinta métrica y la báscula, diariamente de los frutos cosechados.

Para la evaluación no se tomaron en cuenta las plantas de las orillas, para evitar el efecto que sufren de competencia incompleta, tomando únicamente 3 plantas para evaluar por tratamiento, seleccionando las más sanas y vigorosas.

## 4.

**RESULTADOS Y ANALISIS****4.1. HUMEDAD DEL SUSTRATO.**

Los resultados se comprobaron en un análisis estadístico factorial, viendo primeramente la humedad del sustrato (Cuadro No. 1). En cuanto a humedad, existio diferencia significativa entre los diversos tipos de suelos (Cuadro No. 2); siendo semejantes suelo areno - arcilloso y suelo orgánico, teniendo éstos la menor humedad disponible para las plantas; le siguieron el suelo arcilloso y el suelo areno - arcilloso con hidrogel; y los mejores en humedad disponible fueron el suelo orgánico con hidrogel y el suelo arcilloso con hidrogel; siendo éste último el mejor de todos. La presencia del hidrogel fué determinante en cuanto a humedad en el sustrato; Azzam (1985), obtuvo la misma respuesta ,

pero comparando un sustrato arcilloso fértil contra un arenoso con hidrogel. Al igual Adams (1987), evaluó 4 niveles de aplicación de polímero comercial en un suelo de textura media con jitomate, resultando que aumentaba la humedad disponible en cuanto se aumentaba el nivel de aplicación.

Lo que nos dice que el hidrogel en nuestros resultados ayudó a las arcillas en una función importante, que es la de adsorber agua; y aparte el hidrogel nos está indicando que tuvo la capacidad de adsorber agua, debido a que no fue prehidratado y tuvo la capacidad de liberarlo de acuerdo a las necesidades de la planta. A pesar que se aplicó la cantidad más baja recomendable por hidrogels comerciales, se tuvo respuesta, pero sí se aumentará la cantidad de hidrogel; tal vez, se hubiese tenido respuesta por todos los sustratos (con hidrogel) de una manera uniforme.

#### **4.2. ALTURA DE PLANTA.**

La interacción entre tipo de suelo e hidrogel, tienen diferencia significativa en altura de plantas (Cuadro No. 3); obteniendo la prueba de medias (Cuadro No. 4), el sustrato que obtuvo mejor respuesta fue el orgánico e inmediatamente detrás, se encontró el sustrato arcilloso con hidrogel.

Ya que el crecimiento (altura) es una respuesta de las condiciones nutrimentales de la planta; y quien se encuentra más marcadamente a cargo de ésta respuesta es el Nitrógeno. El sustrato orgánico como sabemos, en su descomposición existe liberación de nitrógeno, debido a la quelatación de nutrientes en complejos orgánicos; siendo fácilmente absorbidos por la planta y teniendo un reflejo en la altura de la planta. Y el sustrato arcilloso con hidrogel,

se manifestó como el segundo mejor en altura, siendo debido a que también tuvo la mejor humedad disponible, entonces así posiblemente liberó los nutrientes que contenía dentro de sí (nitrógeno y potasio) y asimiló más fácilmente los que se encontraban en el sustrato debido a que eran puestos en solución por la humedad existente proveniente del hidrogel. No pudo ser la mejor altura debido a que la cantidad de hidrogel aplicada no fué la suficiente. Pero se ha demostrado que un suelo fértil y con buena textura, puede ser superado en producción por un sustrato arenoso con hidrogel. En una investigación de la FAO, en tabáco, evaluando un hidrogel como ayuda al trasplante; resultó que el crecimiento de las plantas jóvenes aumentaba enormemente contra el testigo.

#### 4.3. NÚMERO DE HOJAS.

Hay una respuesta de tipo de sustrato con interrelación de hidrogel en número de hojas por planta (Cuadro No. 5); se manifestaron como mejores el sustrato orgánico y el sustrato arcilloso con hidrogel (igualando resultados. Cuadro No. 6); siendo debido ésto igual a lo mencionado para altura, ya que el nitrógeno también influye en la producción de hojas por la planta. Pero aquí nos indica que el sustrato arcilloso con hidrogel es más eficiente, debido a que con menor altura tiene una cantidad mayor de hojas y aunando las dos características, tenemos una tasa fotosintética más elevada y tiene una mayor acumulación de fotosintatos; repercutiendo ésto en la producción de frutos, ya que los fotosintátos acumulados se dirigen finalmente a la producción de frutos.

#### 4.4. RENDIMIENTO.

El sustrato en el que se obtuvo mayor número de frutos, fué el arcilloso con hidrogel, cosechando 102 frutos totales del tratamiento, con una media por repetición de 25 frutos. Y al obtener la mayor cantidad de frutos, por lo tanto, obtuvo el mayor rendimiento siendo de 20.521 Kg totales del tratamiento, en un área de 3.0 m<sup>2</sup>.( sin tomar en cuenta los frutos obtenidos de las plantas de las orillas, siendo, aproximadamente el doble, si se tomara en cuenta éstos ). Siendo el rendimiento de 6.84 Kg/m<sup>2</sup>. Casi es igualado por el sustrato orgánico con 19.607 Kg totales por tratamiento (Cuadro No. 7 y 8 ).

El rendimiento promedio del cultivo de pepino es de 15 Kg/m<sup>2</sup>, en sustratos ideales bajo invernadero ; y el mejor obtenido fué de 6.84 Kg/m<sup>2</sup>; pero, si tomamos en cuenta que se eliminaron plantas de las orillas, siendo la mitad de plantas eliminadas; entonces nos vendría dando el doble de rendimiento que es aproximado al promedio. Pero si tomamos en cuenta que el sustrato arcilloso no es el ideal para la producción de pepino, hablando textural y estructuralmente, con la incorporación de hidrogel se supero esa deficiencia y se igualo el rendimiento promedio. La FAO en evaluaciones de rendimiento de semilla en soya, girasol, maíz y algodón, se incrementó en un 26% del promedio.

Pero en cuestión de calidad de fruto, fueron superados ambos por el sustrato areno-arcilloso, ya que el peso promedio por fruto fué de 208.55gr.; aunque fué muy bajo su rendimiento , siendo con 8.342 Kg. En cuanto a peso, largo y ancho de los frutos, fué estandar, no hubo variación entre tratamientos debido a que fué usada una variedad híbrida de pepino, que contiene por

características genéticas un largo, un ancho y un peso determinado de cosecha (gráfica 1 y 2).

#### 4.5. COSTOS DE PRODUCCIÓN.

Los costos de producción del cultivo del pepino andan sobre 15 a 20 mil nuevos pesos, a cielo abierto por hectárea. En invernadero se elevan más debido a la infraestructura, ya sea, por el invernadero mismo, por el sistema de riego, control de temperatura y hasta por el mismo sustrato; ya que el sustrato que requiere el cultivo del pepino, es muy exigente en aereación y drenaje, requiriendo sustratos arenosos ó sustratos mejorados con agrolita, peat moss, asbesto, polvo de marmol, ú otros productos que le brinden éstas cualidades al sustrato. Elevando con ésto los costos de producción.

Y si se emplea un hidrogel comercial, los costos se elevarían demasiado, casi superando el costo de la infraestructura; ya que el costo, por ejemplo de TERRASORB, en el país es de N\$463.33 / Kg y requiriendo la cantidad de 100 a 600 Kg por hectárea, siendo un total de N\$46,333 como mínimo. En el caso del hidrogel comprobado, su costo de fabricación es aproximado a N\$ 8.66 / Kg sin elaboración, más la Urea, la potasa y su mano de obra con asesoría técnica; tendría un valor aproximado de N\$ 50.00.

Aparte del costo reducido del hidrogel, se tendría una ventaja, que no requerimos de la compra de otro mejorador de sustrato y se aplicaría al sustrato que estuviese a nuestro alcance; no importando la textura, ni estructura del mismo. Reduciendo así el costo de elaboración del sustrato, riegos y se

mantendría el promedio de rendimiento; elevando así la rentabilidad del producto.



## 5.

**CONCLUSIONES**

De acuerdo a los resultados obtenidos, el sustrato que tuvo un comportamiento eficiente y que fue el ideal (de los evaluados) para la producción de pepino, fue el sustrato arcilloso con hidrogel. Aunque la aplicación de hidrogel no se encuentra limitada para un tipo de sustrato, hablando textural y estructuralmente, la limitante que se presenta para la aplicación de un hidrogel es la presencia de sales en el sustrato. El sustrato arcilloso superó en producción al sustrato arcilloso sin hidrogel en un 64% y se igualo casi con el sustrato orgánico sin hidrogel, pero, el peso promedio de fruto fue más bajo con éste que con el arcilloso con hidrogel.

El resultado era esperado, ya que se nos reporta que un sustrato arenoso u arcilloso puede llegar a superar a un sustrato "ideal", y por una gran diferencia. En nuestro caso el rendimiento se igualo con el promedio de producción de pepino bajo invernadero y con el sustrato recomendado; el hidrogel mejoró el sustrato, ya que presentaba deficiencias cualitativas por su condición textural y estructural.

Con los resultados obtenidos y el análisis de éstos mismos se concluye que el hidrogel adsorbió y liberó agua eficientemente, y fué puesta a disponibilidad de la planta, esta disponibilidad también influyó en la probable asimilación de nutrientes fertilizantes por la planta, ya que , con la presencia de agua proveniente del hidrogel se pone en solución los fertilizantes para ser aprovechados por la planta, en función de mantener adecuadamente los otros factores que intervienen en la producción.

## 6. BIBLIOGRAFIA

1.-

ABROSINOVA, L.N.; " Aspectos biofísicos y ecológicos de el uso de preparaciones químicas y productos industriales para la protección de suelos erosionados ". *Lenina*, 1988, No. 8, 18 - 20.

2.-

ADAMS, J.C.; Lockaby, B.G. " Producción comercial con material superabsorbente incrementando la capacidad de retención de agua en un suelo de textura media ". *Tree Planters Notes*, 1987; 38 : 1, 24 - 25.

3.-

AZZAM, R.A.I.; "Tailoring polymeric gels for soils reclamation and hidroponics". *Commun. in Soil Sci. Plant Anal.* 1985; 16 : 10, 1123 - 1138.

4.-

BLACK, C.A. . " Relación suelo - planta " . Tomo I; Edit. Hemisferio Sur. Argentina; 1975.

5.-

BLUMENTHAL, M.J.; Hilder T.B.; " Emergencia y desarrollo temprano de *Lotomis bainesii* var. Miles en un suelo arcilloso comparado con otras cuatro leguminosas tropicales". *Australian Journal of Experimental Agriculturae*, 1989; 29 : 2, 193 - 199.

6.-

CERES, Revista de la FAO sobre agricultura y desarrollo. " Los superabsorbentes tienen uso en la producción alimentaria ". 1984; No. 102, 17 : 6, 3 - 5.

7.-

CIQA; Centro de Investigación en Química Aplicada. 1989; " Desarrollo de la agricultura con plásticos en México "; Depto. de Fisiología Vegetal; Saltillo, Coahuila.

8.-

DAVIES, F.T.; Castro - Jiménez, Y; " Relaciones de agua en el desarrollo de Lagerstroemia india en mejoradores medios bajo stress ". Scientia horticulturae, 1989; 41:1 - 2, 97 - 104.

9.-

DEPTO. DE AGRICULTURA DE LOS E.U.A. " Relación entre suelo - planta - agua ". Edit. Diana. México; 1972.

10.-

DREGNE, H.E. . " Suelos de regiones semiáridas" . Revista Desierto y Ciencia; III (3); Saltillo , Coahuila; Mex.; 1981.

11.-

DRESSALI, J ; Hahndel, R. " Nitrógeno captado por turba y Nitrógeno lixiviado . con el uso de varios fertilizantes de liberación lenta en macetas experimentales ". Rosen Grunflachen Bregungen, 1987; 18 : 2, 48 - 50.

12.-

ECHOLS, R.J.; Meier, C.E.; Ezell, A.W.; Mckinley, C.R. " Supervivencia en un sitio seco, de plántulas y semilleros de pino meridional de diversas fuentes genéticas dando inmersión de semilla y tratamientos ectomicorrizales ". *Tree Planters Notes*, 1987; 38 : 1, 24 - 25.

13.-

EVENS, R.Y.; Sisto, I; Bowman, D.C. " La eficiencia de un hidrogel en producción de plántula es reducido por sales fertilizantes ". *Flower and Nursery Report Comercial Growers*; 1989, Summer, 5 - 7.

14.-

FOONG, T.W.; Yang, C.N. "Evaluación de la eficiencia de polímeros absorbentes de agua en la reducción de riego en plantas de maceta". *Gardens' Bulletin*, 1986; 39:1 , 97 - 101.

15.-

FORD, I. I. " Dinámica mineral en el suelo " UACH, Depto. de suelos; 1984; México.

16.-

HANIC, E. " Un sistema de menor espacio vertical para la producción de chile ". *Agricultural Reserach Development Institute Yugoslavia; Soilles Culture*, 1988; 4 : 2, 23 - 26.

17.-

HANSEN, L.; " Experimento con un sustrato basado en Grodan- rockwool para plantas de maceta". *Acta Horticulturae*, 1988; No. 21, 189 - 195.

18.-

HARIG, R. " El uso de medios aditivos durante el crecimiento de un cultivo de azaleas en maceta durante el desarrollo en vivero ". Telma, 1990; 20, 197 - 209.

19.-

HENDERSON, J.; Hensley, D; "Efficacy of hydrophilic gel as a trasplant aid ". Hortscience, 1986; 21 : 4, 991 -992.

20.-

JAMES, E.A.; Richards, R. " La influencia de una fertilización f6rrica en funcionamiento con un hidrogel Australian Horticulturae, 1985; 83 : 12, 29 - 33.

21.-

KOEVER, G.J.; Cobb, S.J.; Stephenson, J.; Foster, W.J. " Efecto de pol6meros acondicionadores hidrof6licos en el desarrollo de plantas de paisaje en macetas ". Research Report Series, Alabama Agricultural Experiment Station, Auburn University; 1989, No. 6, 18-19.

22.-

PILL, W.G.; Watss, D.M.; "Nutrient - fortified gel as a growth medium for tomato seedlings" Hortscience, 1983; 18 : 6, 909 - 911.

23.-

PILL, W.G. " Granular gels as growth media for tomato seedlings" Hortscience, 1988; 23 : 6, 998 - 1000.

24.-

SABOTA, C; Beyl, C; Biedermann J.A. " Acceleration of sweet corn germination at low temperatures with terra-sorb or water presoaks". Hortscience, 1987; 22 : 3, 431 - 434.

25.-

SAMPAT A.G. " Física de suelos" . Limusa; México; 1972.

26.-

TAMARO, D. " Manual de horticultura ". Edit. Gustavo Gili s.a. ; 1977; Barcelona, España.

27.-

WALLACE G. P.; Mark , R.S. " Tomato seedling growth in peat and peat - lite blocks amended with hydrophilic polymer". Commun. in Soil Sci. Plant Anal. 1986; 17 : 1 , 45 - 61.

28.-

X Censo Agropecuario, INEGI; 1981.

## 7.

**APENDICE**



Cuadro No. 1 Análisis de varianza para humedad del sustrato,  
(95% de confianza).

| EUENTE      | S.C   | G.L | C.M  | F.C  | F.T  |
|-------------|-------|-----|------|------|------|
| A           | 2.77  | 1   | 2.77 | 1.54 | 4.17 |
| B           | 14.25 | 2   | 7.13 | 3.96 | 3.32 |
| A B         | 1.19  | 2   | 0.6  | 0.33 | 3.32 |
| Tratamiento | 18.21 | 5   |      |      |      |
| Residuo     | 53.89 | 30  | 1.8  |      |      |
| Total       | 72.10 | 35  |      |      |      |

A = Presencia de gel

B = Tipo de suelo

AB = Interacción entre ambos (suelo - gel).

Cuadro No. 2 Prueba de medias para humedad.

Method: 95 % LSD.

| LEVEL | COUNT | LS Mean | Homogeneous Groups |
|-------|-------|---------|--------------------|
| 2     | 6     | 5.8333  | X                  |
| 3     | 6     | 5.9867  | X                  |
| 1     | 6     | 6.8483  | XX                 |
| 2.1   | 6     | 7.2783  | XX                 |
| 3.1   | 6     | 7.5683  | X                  |
| 1.1   | 6     | 7.5967  | X                  |

- 1 = Sustrato arcilloso  
 1.1 = Sustrato arcilloso con hidrogel  
 2 = Sustrato areno-arcilloso  
 2.1 = Sustrato areno-arcilloso con hidrogel  
 3 = Sustrato orgánico  
 3.1 = Sustrato orgánico con hidrogel

Cuadro No. 3 Análisis de varianza para altura de planta,  
 (95% de confianza).

| FUENTE      | S C       | G L | C M      | F C   | F T  |
|-------------|-----------|-----|----------|-------|------|
| A           | 1,071.69  | 1   | 1,071.69 | 2.47  | 4.17 |
| B           | 13.85     | 2   | 6.925    | 0.016 | 3.32 |
| AB          | 3,412.68  | 2   | 1,706.34 | 3.93  | 3.32 |
| Tratamiento | 4,498.22  | 5   |          |       |      |
| Residuo     | 13,041.97 | 30  | 434.73   |       |      |
| Total       | 17,540.19 | 35  |          |       |      |

Cuadro No. 4

Prueba de medias para altura.

Method: 95 % LSD

| LEVEL | COUNT | LS Mean  | Homogeneous Group |
|-------|-------|----------|-------------------|
| 2     | 6     | 36.22167 | X                 |
| 3.1   | 6     | 44.84333 | X                 |
| 1     | 6     | 45.88833 | X                 |
| 2.1   | 6     | 53.22500 | XX                |
| 1.1   | 6     | 58.80333 | XX                |
| 3     | 6     | 71.14000 | X                 |

Cuadro No. 5 Análisis de varianza para número de hojas (95% de confianza).

| FUENTE      | S C      | G L | C M    | F C   | F T  |
|-------------|----------|-----|--------|-------|------|
| A           | 9.08     | 1   | 9.08   | 0.218 | 4.41 |
| B           | 73.5     | 2   | 36.75  | 0.883 | 3.55 |
| AB          | 354.25   | 2   | 177.13 | 4.26  | 3.55 |
| Tratamiento | 436.83   | 5   |        |       |      |
| Residuo     | 749.0    | 18  | 41.61  |       |      |
| Total       | 1,185.83 | 23  |        |       |      |

Cuadro No. 6

Prueba de medias para número de hojas.

Method: 95 % LSD.

| LEVEL | COUNT | LS Mean | Homogeneous Group |
|-------|-------|---------|-------------------|
| 1     | 6     | 9.1667  | X                 |
| 3.1   | 6     | 9.1667  | X                 |
| 2     | 6     | 9.5000  | XX                |
| 2.1   | 6     | 12.500  | X                 |
| 1.1   | 6     | 14.000  | XXX               |
| 3     | 6     | 14.000  | XXX               |

Cuadro No. 7

Resultados de producción de frutos.

| TRATAMIENTO   | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6                     |
|---------------|-------|-------|-------|-------|-------|-----------------------|
| # de DATOS    | 62    | 102   | 39    | 54    | 100   | 78 (tratamiento)      |
| PESO TOTAL    | 12.5  | 20.5  | 8.3   | 11.0  | 19.6  | 15.9 (Kg/tratamiento) |
| MEDIA DE PESO | 204.6 | 203.2 | 219.5 | 207.6 | 198.0 | 203.3 (gr/fruto)      |
| # DE FRUTOS   | 62    | 102   | 39    | 54    | 100   | 78 (tratamiento)      |

|             |   |
|-------------|---|
| TRATAMIENTO | 1 = Sustrato arcilloso                      |
| TRATAMIENTO | 2 = Sustrato arcilloso con hidrogel         |
| TRATAMIENTO | 3 = Sustrato areno - arcilloso              |
| TRATAMIENTO | 4 = Sustrato areno - arcilloso con hidrogel |
| TRATAMIENTO | 5 = Sustrato orgánico                       |
| TRATAMIENTO | 6 = Sustrato orgánico con hidrogel          |

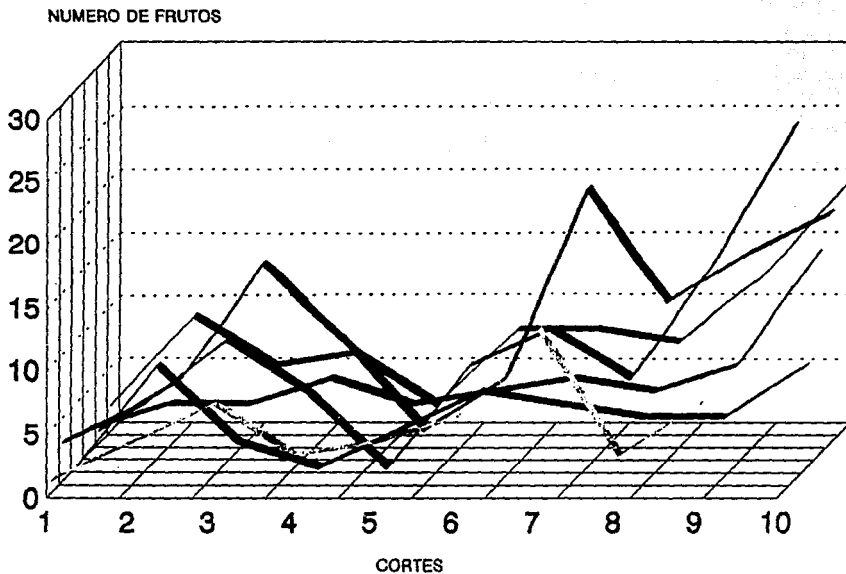
Cuadro No. 8 Resultado de medias por tratamiento

| TRATAMIENTO                  | HUMEDAD | ALTURA | No. de HOJAS |
|------------------------------|---------|--------|--------------|
| Arcilloso                    | 6.993   | 49.778 | 16.583       |
| Arcilloso con hidrogel       | 7.5     | 52.0   | 20.042       |
| Areno-arcilloso              | 6.361   | 41.361 | 14.917       |
| Areno-arcilloso con hidrogel | 7.388   | 48.417 | 15.813       |
| Orgánico                     | 6.403   | 60.292 | 18.604       |
| Orgánico con hidrogel        | 7.313   | 48.347 | 15.479       |

# Rendimiento por corte en cada tratamiento

## Numero de frutos por tratamiento

60

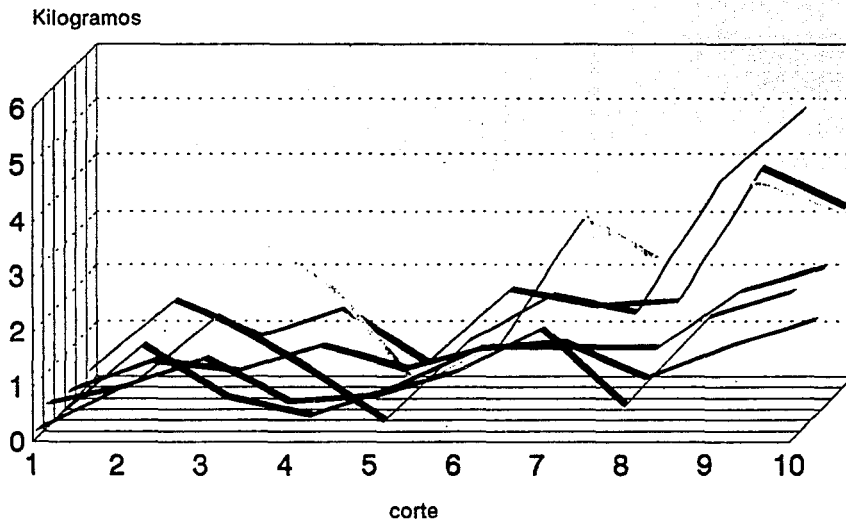


Trat 1 Trat 2 Trat 3 Trat 4 Trat 5 Trat 6

# Rendimiento por corte en cada tratamiento

Peso total de frutos cosechados

62



Tratamientos

■ Trat 1 ■ Trat 2 ■ Trat 3 ■ Trat 4 ■ Trat 5 ■ Trat 6