

**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA**

**ANTONIO NARRO**

**DIVISIÓN DE AGRONOMÍA**



**USO DE ESPUMAS HIDROFILICAS PARA AUMENTAR LA  
EFICIENCIA DE USO DEL AGUA EN EL CULTIVO DE MELÓN  
(*Cucumis melo* L.) BAJO INVERNADERO**

**POR:**

**ISMAEL NAVA SALAZAR**

**TESIS**

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER  
EL TITULO DE:**

**INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA**

**Buenavista, Saltillo, Coah. México  
Mayo del 2002**

**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA  
ANTONIO NARRO**

**DIVISIÓN DE AGRONOMÍA  
DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA**

**USO DE ESPUMAS HIDROFILICAS PARA AUMENTAR LA  
EFICIENCIA DE USO DEL AGUA EN EL CULTIVO DE MELÓN  
(Cucumis melo L.) BAJO INVERNADERO**

**POR:**

**ISMAEL NAVA SALAZAR**

**TESIS**

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

**INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA**

**APROBADA POR:**

Dr. Adalberto Benavides Mendoza

M.C. Luis Miguel Lasso Mendoza

---

**ASESOR PRINCIPAL**

---

**SINODAL**

M.C. Reynaldo Alonso Velasco

L.C.Q. Gabriela Padrón Gamboa

---

**SINODAL**

---

**ASESOR EXTERNO**

M.C. Reynaldo Alonso Velasco

---

**COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE AGRONOMÍA**

**Buenavista, Saltillo, Coah. México  
Mayo del 2002**

## **DEDICATORIA**

A Dios, por permitirme la vida iluminando siempre mi camino recorrido. A ti que eres el Creador de todo el Universo y que sin merecerlo, me tomaste en tus brazos para no caer en los momentos difíciles de mi vida. A ti que eres mi amigo Fiel y Verdadero.

### **A MIS PADRES:**

Profr. Simón Nava Valenzuela y Sra. Anselma Salazar Espericueta. Por la confianza que siempre me tuvieron, por todos sus sacrificios para darme los estudios, por sus palabras de aliento, que a pesar de la distancia nunca olvidare sus consejos, desvelos y sobre todo sus ilusiones para que yo culminara mis estudios profesionales.

### **A MI ESPOSA Y MI HIJA:**

María del Carmen de la Cruz Saláis y Mariela Nava. Por ser el regalo que dios me dio y por todo su amor, cariño y comprensión que siempre me han dado en momentos de sufrimiento y sacrificio y de los cuales e tomado parte de su tiempo para dedicarlo a este trabajo.

### **A MIS HERMANOS:**

Claudia, Cesar, Simón, Lucero, Jorge, Ana María, Josué y Vianey del Rosario. A todos ellos que siempre han depositado en mi mucho cariño, apoyo y ante todo la unión que tenemos a pesar de la distancia.

### **A MIS SOBRINOS:**

A todos ustedes por toda la alegría que brindan en la familia, que hacen posible la felicidad en los momentos más difíciles y que alientan a seguir adelante.

## AGRADECIMIENTO

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro con un eterno agradecimiento por los conocimientos y apoyo que de ella recibí para formarme como profesional.

Al Dr. Adalberto Benavides Mendoza por darme la oportunidad de trabajar y aprender bajo su asesoría y sobre todo por brindarme su amistad que para mi es lo mas importante.

Al MC. Luis Miguel Lasso Mendoza por brindarme su apoyo y asesoría en la revisión de la presente investigación.

Al M.C. Reynaldo Alonso Velazco por su colaboración en la revisión de este trabajo.

A la MC. Gabriela Padrón Gamboa por su desinteresado apoyo en la realización de este trabajo.

Al Centro de Investigación en Química Aplicada (CIQA) por el apoyo otorgado para la realización de esta investigación.

A todos los maestros, que de alguna u otra forma intervinieron en mi formación profesional. En especial a los del departamento de Horticultura.

A todos mis compañeros y amigos de la generación XCII de Ingenieros Agrónomos en Horticultura y muy especialmente a de León por brindarme su amistad.

## INDICE GENERAL

|                                                     | Pág. |
|-----------------------------------------------------|------|
| DEDICATORIA-----                                    | iii  |
| AGRADECIMIENTOS-----                                | iv   |
| INDICE GENERAL-----                                 | v    |
| INDICE DE CUADROS-----                              | viii |
| INDICE DE FIGURAS-----                              | ix   |
| RESUMEN-----                                        | x    |
| INTRODUCCIÓN-----                                   | 1    |
| OBJETIVO-----                                       | 2    |
| HIPÓTESIS-----                                      | 2    |
| REVICION DE LITERATURA-----                         | 3    |
| Historia-----                                       | 3    |
| Generalidades de los Sustratos-----                 | 3    |
| Clasificación-----                                  | 4    |
| Materiales Orgánicos-----                           | 4    |
| Materiales Inorgánicos-----                         | 5    |
| Materiales Mixtos-----                              | 5    |
| Características de los Sustratos-----               | 6    |
| Características Biológicas-----                     | 6    |
| Características Físicas-----                        | 6    |
| Granulometria-----                                  | 7    |
| Porosidad-----                                      | 7    |
| Características Químicas-----                       | 8    |
| Potencial de Hidrogeno-----                         | 9    |
| Capacidad de Intercambio Cationico-----             | 9    |
| Relación Carbón Nitrógeno-----                      | 10   |
| Conductividad Eléctrica-----                        | 11   |
| Generalidades de los Suelos Salinos-----            | 12   |
| Salinidad de los Suelos-----                        | 12   |
| Origen de los Problemas de Salinidad-----           | 12   |
| Factores que Causan la Salinidad de los Suelos----- | 13   |
| El Agua de Riego de Mala Calidad y Mal Drenaje      | 13   |
| El Clima-----                                       | 13   |
| Efecto de la Salinidad Sobre las Plantas-----       | 14   |
| Plantas Tolerantes a la Salinidad-----              | 14   |
| Efectos de las salinidad en la Germinación-----     | 16   |
| Características de los materiales mas Utilizados    |      |
| Comercialmente-----                                 | 16   |
| Turba-----                                          | 17   |
| Turberas Bajas -----                                | 17   |
| Turberas Altas-----                                 | 17   |
| Turberas de Transición-----                         | 17   |
| Pumita-----                                         | 18   |
| Perlita-----                                        | 18   |
| Vermiculita-----                                    | 18   |

|                                        |    |
|----------------------------------------|----|
| Tierra Volcánica-----                  | 19 |
| Gravas-----                            | 19 |
| Arenas-----                            | 19 |
| Lana de Roca-----                      | 20 |
| Poliestireno-----                      | 20 |
| Poliuretano-----                       | 20 |
| MATERIALES Y METODOS-----              | 21 |
| Ubicación del Area Experimental-----   | 21 |
| Descripción del Area Experimental----- | 21 |
| Clima-----                             | 21 |
| Suelo-----                             | 21 |
| Material Utilizado-----                | 21 |
| Melón Cantalupo-----                   | 22 |
| Biopolimero-----                       | 22 |
| Poliacrilamida-----                    | 23 |
| Descripción de los tratamientos-----   | 23 |
| Tratamientos evaluados-----            | 23 |
| Diseño Experimental-----               | 24 |
| Establecimiento del Experimentó-----   | 24 |
| Cronología Experimental-----           | 25 |
| Etapas de plántula-----                | 25 |
| Labores Culturales-----                | 25 |
| Preparación de Camas Flotantes-----    | 25 |
| Siembra-----                           | 25 |
| Riegos-----                            | 25 |
| Fertilización-----                     | 25 |
| Control Fitosanitario-----             | 25 |
| Variables Evaluadas-----               | 26 |
| Peso Fresco-----                       | 26 |
| Peso Seco-----                         | 26 |
| Numero de Hojas-----                   | 26 |
| Altura de Plantula-----                | 26 |
| Etapas de Maceta-----                  | 27 |
| Tratamientos Evaluados-----            | 27 |
| Diseño Experimental-----               | 27 |
| Labores Culturales-----                | 28 |
| Preparación del Terreno-----           | 28 |
| Llenado de Macetas-----                | 28 |
| Biopolimero en Polvo-----              | 28 |
| Poliacrilamida-----                    | 28 |
| Suelo Regional-----                    | 28 |
| Trasplante-----                        | 29 |
| Riegos-----                            | 29 |
| Fertilización-----                     | 29 |
| Control Fitosanitario-----             | 29 |
| Deshierbe -----                        | 29 |
| Variables Evaluadas-----               | 29 |

|                                                  |    |
|--------------------------------------------------|----|
| Altura de Planta-----                            | 30 |
| Numero de Hojas-----                             | 30 |
| Peso Fresco-----                                 | 30 |
| Peso Seco-----                                   | 30 |
| Determinación de la Conductividad Eléctrica----- | 30 |
| Determinación de Número de Estomas y Células     |    |
| Tabloides-----                                   | 31 |
| RESULTADOS Y DISCUCIONES-----                    | 32 |
| Análisis del crecimiento del cultivo-----        | 32 |
| Etapas de plantula-----                          | 32 |
| Primer muestreo-----                             | 32 |
| Peso fresco-----                                 | 32 |
| Peso seco-----                                   | 33 |
| Segundo muestreo-----                            | 34 |
| Peso fresco-----                                 | 34 |
| Peso seco-----                                   | 35 |
| Etapas de ,maceta-----                           | 36 |
| Peso fresco -----                                | 37 |
| peso seco-----                                   | 38 |
| Altura de plantya y numero de hojas-----         | 38 |
| Análisis de suelo-----                           | 43 |
| Conteo de estomas y celulas tabloides-----       | 45 |
| CONCLUSIONES-----                                | 48 |
| LITERATURA CITADA-----                           | 49 |

## INDICE DE CUADROS

|                    |                                                                                                                                  |    |
|--------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Cuadro 2.1.</b> | Porosidad total de distintos materiales utilizados como sustratos.-----                                                          | 8  |
| <b>Cuadro 2.2.</b> | Relación C/N de algunos materiales orgánicos.-----                                                                               | 11 |
| <b>Cuadro 2.3.</b> | El grado de tolerancia a la salinidad o a las condiciones sodicas de algunos cultivos.-----                                      | 14 |
| <b>Cuadro 3.1.</b> | Espumas de poliuretano sintetizadas con polioles-polieter de diferente peso molecular y polisacáridos.-----                      | 23 |
| <b>Cuadro 3.2.</b> | Tratamientos evaluados en el cultivo de melón en etapa de plántula, 2001.-----                                                   | 23 |
| <b>Cuadro 3.3.</b> | Tratamientos evaluados en el cultivo de melón en etapa de maceta, 2001.-----                                                     | 27 |
| <b>Cuadro 4.1.</b> | Valores promedios de la plántula de peso fresco y seco en el primer muestreo.-----                                               | 32 |
| <b>Cuadro 4.2.</b> | Valores promedios de la plántula en altura y numero de hojas en el primer muestreo.-----                                         | 33 |
| <b>Cuadro 4.3.</b> | Valores promedios de la plántula en el segundo muestreo.----                                                                     | 34 |
| <b>Cuadro 4.4.</b> | Valores promedios de la plántula en altura y numero de hojas en el segundo muestreo.-----                                        | 36 |
| <b>Cuadro 4.5.</b> | Valores promedios para dos muestreos de la biomasa de las plantas en la etapa de maceta-----                                     | 37 |
| <b>Cuadro 4.6.</b> | Valores promedios del análisis global de altura y Numero de hojas en la etapa de maceta.-----                                    | 38 |
| <b>Cuadro 4.7.</b> | Valores promedios del análisis global del pretratamiento agua en etapa de maceta.-----                                           | 41 |
| <b>Cuadro 4.8.</b> | Valores promedios del análisis global del pretratamiento agua en las variables altura y Numero de hojas en etapa de maceta.----- | 42 |
| <b>Cuadro 4.9.</b> | Valores promedios del conteo estomatico en etapa de maceta,                                                                      | 46 |

## INDICE DE FIGURAS

|                    |                                                                               |    |
|--------------------|-------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Figura 3.1.</b> | Distribución de los tratamientos en etapa de maceta.-----                     | 27 |
| <b>Figura 4.1.</b> | Biomasa fresca en plántula de melón.-----                                     | 34 |
| <b>Figura 4.2.</b> | Biomasa seca en plántula de melón.-----                                       | 35 |
| <b>Figura 4.3.</b> | Biomasa fresca en etapa de maceta.-----                                       | 37 |
| <b>Figura 4.4.</b> | Biomasa seca en etapa de maceta.-----                                         | 39 |
| <b>Figura 4.5.</b> | Altura de planta en etapa de maceta.-----                                     | 40 |
| <b>Figura 4.6.</b> | Numero de hojas por planta en etapa de maceta.-----                           | 41 |
| <b>Figura 4.7.</b> | Movimiento de sales en los perfiles de cada uno de los<br>sustratos.-----     | 43 |
| <b>Figura 4.8.</b> | Conductividad Eléctrica en los perfiles de cada uno de los<br>sustratos.----- | 44 |
| <b>Figura 4.9.</b> | Porcentaje de humedad de cada uno de los sustratos.-----                      | 45 |
| <b>Figura 5.0.</b> | Índice estomatico del cultivo de melón, 2001.-----                            | 47 |
| <b>Figura 5.1.</b> | Densidad de células en la epidermis en el cultivo de melón,<br>2001.-----     | 47 |

## RESUMEN

El presente trabajo se realizó en el Departamento de Horticultura de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro que se localiza al sur de la ciudad de Saltillo, Coahuila, en los meses de Julio a Octubre del 2001. El objetivo del presente estudio fue evaluar la respuesta de las plántulas y plantas de melón (*Cucumis melo* L.) a diferentes sustratos, espumas y compuestos hidrofílicos (poliacrilamida, espuma hidrofílica + poliacrilamida, espuma hidrofílica, espuma hidrofílica + Cacao). Se buscó entonces verificar si la presencia de los polímeros modificaba de alguna forma la respuesta de las plantas en suelos salinos bajo condiciones de agua controlada y fertilización adecuada. El experimento se realizó en invernadero se utilizó un diseño experimental completamente al azar para plántula y maceta. En plántula se tuvieron cinco tratamientos con cuatro repeticiones obteniendo un total de 20 unidades experimentales las cuales conteniendo 63 plantas por unidad y en planta se tuvieron cinco tratamientos con diez repeticiones obteniendo un total de 50 unidades experimentales. A los resultados obtenidos se les aplicó un análisis de varianza (ANVA). En plántula para las variables biomasa fresca y seca de raíz y parte aérea obtuvo mejores resultados la poliacrilamida y en altura resultó mejor la poliacrilamida al igual que la EH + poliacrilamida mientras que para el número de hojas el mejor fue la EH + cacao seguida de la EH. En el estudio con plantas en macetas se aplicó para las variables biomasa fresca y seca de la raíz y parte aérea (dos muestreos) de la cual no había diferencia significativa entre los tratamientos y en Número de hojas (cada semana) los mejores resultados los tuvieron el testigo, la poliacrilamida y la EH + Cacao y en altura la EH + Cacao al igual que la poliacrilamida. En el muestreo de suelo el mejor tratamiento fue la poliacrilamida por tener mejor estabilidad y distribución de las sales también por una mayor cantidad y una mejor distribución del agua y en número de estomas y células tabloides la densidad estomática se vio afectada por la espuma hidrofílica y la espuma hidrofílica + Cacao siendo altamente significativos, en densidad de células tabloides la espuma hidrofílica + Cacao

fue altamente significativa, en el índice estomático la espuma hidrofílica fue estadísticamente significativa. .

## INTRODUCCION

En los últimos años en México, la producción de hortalizas a cobrado un gran auge desde el punto de vista de superficie sembrada, divisas generadas y la mano de obra requerida, lo cual obliga a la generación de tecnología propia y adecuada a esta evolución tecnológica.

Uno de los problemas que sufren los productores de hortalizas son los altos costos de la semilla certificada, por lo que se ven en la necesidad de dejar de utilizar la siembra directa y modernizarse con el uso de trasplante para la optimización de la semilla. En este aspecto los sustratos juegan un papel importante porque de ellos depende una buena germinación y desarrollo de las plántulas. En la actualidad los sustratos comúnmente utilizados, provienen de países como Canadá y Estados Unidos, lo que nos convierte en un país dependiente de dicho material, ya que para 1997 la importación de musgo de pantano (Peat moss) proveniente de Canadá fue de 7,785.515 toneladas y de Estados Unidos 602.035 toneladas.

La Sociedad Internacional de Ciencias Hortícolas (ISHS) cuenta con un programa para la obtención de sustratos alternativos bien sea en forma pura o en forma de mezclas. Entre los posibles sustitutos de los sustratos tradicionales se encuentran los subproductos de café y cacao así como los biopolímeros derivados de la biomasa vegetal que pueden incluir materiales en base a celulosa y almidón.

Por otro lado, en las regiones áridas y semiáridas los productores se enfrentan a extremos climáticos, suelos con problemas de fertilidad o salinidad así como la necesidad de generar esquemas de producción con alta eficiencia en el uso del agua. Los biopolímeros y polímeros hidrofílicos son posibles avenidas para la solución parcial de los problemas de eficiencia de uso del agua, sin embargo, los polímeros de polacrilamida pierden rápidamente su habilidad hidrofílica al aumentar la conductividad de la solución de agua del suelo por lo cual, si consideramos su alto costo de al menos \$3,500.00 M.N. por hectárea, su uso en zonas áridas se ve restringido por este hecho.

El uso de biopolímeros hidrofílicos de poliuretano-almidón en el trasplante y cultivo de plantas es una técnica nueva, por lo que la información disponible es muy poca. El presente trabajo de investigación, tiene como fin aumentar nuestro conocimiento sobre la utilización de biopolímeros como sustratos para uso comercial o investigaciones futuras. Para ello se plantearon los siguientes:

## **OBJETIVOS**

Evaluar la respuesta de las plántulas de melón (*Cucumis melo* L.) producidas en charolas de germinación utilizando peat moss adicionado con una poliacrilamida comercial y distintas espumas hidrofílicas.

Estudiar la respuesta en crecimiento y desarrollo de plantas de melón con dos niveles de agua de riego en suelo calcáreo de alta conductividad eléctrica en donde se adicionó una poliacrilamida comercial y diferentes espumas hidrofílicas.

## **HIPOTESIS**

El peat moss adicionado con los materiales hidrofílicos proporciona mejores condiciones para la germinación y desarrollo de semillas de melón, que las proporcionadas por el sustrato convencional.

Bajo condiciones de crecimiento en suelo calcáreo y salino las espumas hidrofílicas presentan un mejor desempeño que la poliacrilamida comercial mejorando el crecimiento de la planta.

## **REVISION DE LITERATURA**

### **Historia.**

El uso de sustratos es propio del cultivo en maceta. La practica de cultivar plantas en maceta tiene probablemente el mismo origen que la jardinería. Desde hace cerca de 4,000 años, los egipcios cultivaban arboles en contenedores de madera o piedra, dejando constancia de ello en sus pinturas murales, pudiéndose afirmar que sus elementales sistemas de cultivo han perdurado casi hasta nuestros días. (Bures, 1997).

Dos hechos influyeron en la evolución del concepto de sustrato distinto del suelo natural. El primero fue el descubrimiento de que todas las plantas tienen los mismos requerimientos básicos. El segundo fue el darse cuenta de que el medio de cultivo solo proporciona soporte, humedad, aireación y nutrientes minerales, llevando, en consecuencia a definir sustratos que no contenían suelo natural (Bures, 1997).

### **GENERALIDADES DE LOS SUSTRATOS.**

Bajo la denominación de sustratos se encuentran todos los soportes que sirven para el cultivo de las plantas, independientemente de una mayor o menor productividad. Desde la antigüedad con la aportación de materia orgánica se comprobó que los suelos mejoraban. Así se utilizo el estiércol, los restos de cosecha, la turba, las algas, los residuos industriales (orugas, escorias, etc.) y basuras urbanas. Siempre utilizando materiales abundantes y baratos para crear la composta y a partir de la composta componer los distintos sustratos. (Gordilo y Treviño, <http://www.adiho.es>).

El sustrato ideal es aquel que sea económico, que este disponible inmediatamente, que sea uniforme y completamente libre de patógenos, semillas de malezas o sustancias químicas peligrosas (Carpenter, 1995).

La elección del sustrato es de gran importancia en cuanto a sus requisitos físicos y químicos ya que pueden influir directa o indirectamente en el crecimiento de las plantas (Alpi *et al*, 1991).

Los productores han cambiado la siembra directa por el trasplante porque dan poblaciones mas homogéneas, cosechas tempranas y maduración uniforme de las plantas; para esto hay que seleccionar la semilla adecuada, el medio de crecimiento y calidad del agua (Hassell, 1994).

### **Clasificación.**

El numero de materiales que pueden ser utilizados como sustratos es muy amplio y estos pueden ser utilizados solos o en mezclas. Una de las clasificaciones más frecuentes es orgánicos, inorgánicos y mixtos.

#### **Materiales orgánicos.**

Existen dos tipos de materiales orgánicos, los de origen natural y los de síntesis. Los materiales orgánicos de origen natural están sujetos a descomposición biológica y pueden ser utilizados como sustratos después de sufrir una serie de procesos biológicos ya sea artificial como el compostaje o bien natural como el caso de las turbas. Los materiales orgánicos de síntesis son polímeros orgánicos no biodegradables que se obtienen mediante procesos químicos como el poliestireno o las espumas de poliuretano, que por sus características en ocasiones las clasifican erróneamente como inorgánicos. (Bures, 1997)

### **Materiales inorgánicos.**

Los materiales inorgánicos se obtienen a partir de rocas o minerales de distintos orígenes e incluyen los suelos naturales. Estos materiales pueden modificarse ligeramente, sin alterar la estructura interna del material, mediante tamizado o fragmentación o bien pueden transformarse mediante procesos físicos o químicos que transforman las propiedades del material original. (Bures, 1997)

### **Materiales mixtos.**

Este grupo comprende subproductos minerales de diversas industrias, como los residuos de filtración que suelen ser materiales inorgánicos colmatados por residuos orgánicos de origen diverso según el proceso industrial para el que se utilizan.

Muchas veces es útil mezclar sustratos buscando que unos aporten lo que les falta a otros, teniendo en cuenta los aspectos siguientes:

- Retención de humedad
- Permitir buena aireación
- Estabilidad física
- Químicamente inerte
- Biológicamente inerte
- Tener buen drenaje
- Tener capilaridad
- Ser liviano
- Ser de bajo costo
- Estar disponible

## **CARACTERÍSTICAS DE LOS SUSTRATOS**

### **Características biológicas.**

Abad (1993), dice que las propiedades biológicas son parte fundamental en el estudio de las propiedades de sustratos hortícolas. Porque la población microbiana es la responsable de la degradación biológica de los sustratos orgánicos, lo que puede resultar desfavorable ya que los microorganismos consumen nutrimentos (oxígeno y nitrógeno principalmente) en competencia con el cultivo, además de liberar sustancias fitotóxicas y alterar las propiedades físicas. La velocidad de descomposición está determinada por la disposición de compuestos biodegradables (carbohidratos, ácidos grasos y proteína); disposición que puede reducirse mediante el compostaje y el mantenimiento de suficientes niveles de nitrógeno asimilable.

Por otro lado, a los ácidos húmicos y fúlvicos, productos finales de la degradación biológica de la lignina y la hemicelulosa se les atribuyen muchos efectos sobre una gran variedad de funciones vegetales, tanto al nivel de célula como de órgano. Estos compuestos actúan como transportadores de micronutrientes para las plantas, y se les ha conferido un efecto sinérgico con las auxinas producidas naturalmente por el cultivo o aplicadas exógenamente.

### **Características Físicas**

La estructura física de un sustrato está formada básicamente por un esqueleto sólido que conforma un espacio poroso, que pueden estar llenos de agua o de aire y corresponden a espacios situados entre las partículas de sustratos o dentro de las mismas partículas.

Los sustratos a diferencia de los suelos tienen mayor porosidad, puesto que la mayoría de los materiales que se utilizan como sustratos tienen poros

dentro de sus partículas además de los poros interparticulares, lo que permite aumentar el espacio de poros respecto a un suelo donde los poros se encuentran situados solamente entre las partículas.

Las propiedades físicas de los medios de cultivo son de primer importancia; ya que una vez que el sustrato este en el contenedor, y la planta creciendo en el, no es posible modificar prácticamente las características físicas básicas de dicho sustrato.(Abad, 1993).

### **Granulometria.**

Ansorena (1994), publica que es común que los sustratos estén formados por la mezcla de partículas (corteza, arena, etc.) o fibras (turba, lana de roca) de diferentes tamaños. Dependiendo de la naturaleza de estos materiales, tendrán en su interior poros de diferentes tamaños que constituyen la porosidad interna o intraparticular. Pero, además, quedaran huecos entre las partículas (tanto más grande cuanto mayor será el tamaño de las partículas que componen el sustrato), que dan lugar a la porosidad interparticular. De ahí la importancia de la Granulometria en las propiedades físicas.

### **Porosidad.**

Es la cuantificación del espacio ocupado por poros en un sustrato y también se denomina espacio poroso o espacio vacío. Generalmente los sustratos tienen dos tipos de porosidad: interna y externa la porosidad externa es la que se genera por el propio empaquetamiento de las partículas y depende del modo de empaquetamiento, tamaño del contenedor, tamaño, forma y naturaleza de las partículas. La porosidad interna depende de la naturaleza de las partículas, estado e interconexión de los poros. la porosidad interna puede estar abierta o cerrada. En el cuadro 2.1 se observa la porosidad total determinadas a partir de la densidad real.

**Cuadro 2.1. Porosidad total de distintos materiales utilizados como sustratos.**

|                         | Porosidad total (%+vol.) |
|-------------------------|--------------------------|
| Turba                   | 94.44                    |
| Tierra de bosque        | 83.85                    |
| Corteza de pino         | 79.89                    |
| Orujo de uva            | 87.65                    |
| Grava volcánica         | 70.94                    |
| Perlita (expandida)     | 95.47                    |
| Vermiculita (exfoliada) | 95.09                    |
| Arena                   | 38.20                    |

Ansorena (1994), define a la porosidad de un medio de cultivo, como el porcentaje de volumen que no se encuentra ocupado por la fase sólida, es decir, el cociente entre el volumen de poros y el volumen total que el medio ocupa en el contenedor.

### **Características Química**

Desde el punto de vista químico se pueden definir dos tipos extremos de sustratos

- a) Sustratos químicamente inertes. Son aquellos que no se descomponen química o bioquímicamente, no liberan elementos solubles de forma notable ni tienen capacidad de absorber elementos añadidos a la solución del sustrato. En los sustratos inertes no existe transferencia de materias.
- b) Sustratos activos químicamente o no inertes. Reaccionan liberando elementos debido a la degradación, disolución o reacción de los

compuestos que forman el material sólido del sustrato o bien absorbiendo elementos en su superficie que pueden intercambiar con los elementos disueltos en la fase líquida.

### **pH.**

Es una medida de concentración de iones de hidrógeno. Aunque no influye directamente en el crecimiento de las plantas, tiene varios factores indirectos, como; la disponibilidad de varios nutrientes y la actividad de la flora microbiana benéfica. Una gama de pH de 5.5 a 7.0 es la mejor para el desarrollo de la mayoría de las plantas (pH 7.0 indica el punto neutral, debajo de ese nivel es ácido y arriba, es alcalino). Para reducir el pH de un suelo alcalino, use como fertilizante sulfato de amonio; para elevar el pH de suelos ácidos, use nitrato de calcio. (Harmann y Kester, 1998).

Abad (1993), señala que bajo condiciones de cultivo intensivo es recomendable mantener un intervalo de pH reducido y un valor óptimo de 5.2 a 6.3 (extracto de saturación); ya que la mayoría de los nutrientes mantienen su máximo nivel de asimilación con pH de 5.0 a 6.0, en pH menores pueden presentarse deficiencias de N, K, Ca, Mg, B, etc., mientras que con pH mayores la disponibilidad afecta a elementos como Fe, P, Mn, B, Zn, y Cu. Los óxidos metálicos de (Fe, Mn, Cu, Zn, etc.) se hacen más solubles al disminuir el pH, por debajo de 5.0, pudiendo llegar a excesos que resulten tóxicos para las plantas.

### **Capacidad de intercambio catiónico.**

Es la capacidad de un sustrato de adsorber e intercambiar iones. Se expresa generalmente en miliequivalentes por 100 gramos de sustrato. La CIC es la suma de todos los cationes intercambiables o complejo de cambio. Los cationes divalentes generalmente están adsorbidos con más fuerza que los monovalentes y se intercambian con más dificultad, excepto el  $H^+$ .

La capacidad de intercambio cationico depende del pH, los materiales muy ácidos, o que tienen el complejo de cambio saturado de  $H^+$ , liberan iones  $H^+$  que se intercambian con los iones de la solución.

Los materiales orgánicos poseen una elevada capacidad de intercambio cationico, lo que representa un deposito de reserva para los nutrimentos, mientras que los materiales con baja capacidad de intercambio cationico, como la mayoría de los sustratos minerales, retienen cantidades reducidas de nutrimentos y requieren una aplicación frecuente de fertilizantes.

### **Relación C/N**

Abad en 1993, menciona que la relación carbón /nitrógeno se usa como el índice de madurez y estabilidad de la materia orgánica. Cuando se utilizan como medio de cultivo materiales orgánicos inmaduros, existe una inmovilización del nitrógeno y baja disponibilidad de oxígeno, provocada por la actividad degradadora de los microorganismos del sustrato. Esto trae como consecuencia daños a las plantas cultivadas en este tipo de material. Considera la relación C/N menor de 20, como la optima para el cultivo en sustratos, ya que es un material orgánico maduro y estable.

Por otra parte Guerrero (1992) citado por Ansorena (1994), propone intervalos óptimos de la relación C/N, para turbas, como sigue:

|         |            |
|---------|------------|
| < 20    | Buena      |
| 20 – 25 | Aceptable  |
| 25 – 30 | Deficiente |
| > 30    | Mala       |

Ansorena (1994), afirma, que cuando se preparen medios de cultivo orgánicos a partir de materiales naturales, es necesario tener en cuenta los

valores de la relación C/N. En la tabla se muestran algunos valores de la relación C/N de algunos materiales orgánicos.

**Cuadro 2.2.** Relación C/N. de algunos materiales orgánicos.

| <b>Tipo de materia orgánica</b>      | <b>C/N</b> |
|--------------------------------------|------------|
| Estiércol de vacuno                  | 28         |
| Estiércol de ovino                   | 23         |
| Estiércol de cultivos de cetos       | 19         |
| Basuras frescas                      | 30         |
| Composta urbano                      | 14         |
| Lodos                                | 11         |
| Turba parda francesa                 | 20-26      |
| Turba rubia rusa                     | 54         |
| Turba rubia alemana                  | 49         |
| Corteza de pino marino no compostada | 300        |
| Corteza de pino compostada           | 92         |

### **Conductividad eléctrica.**

Abad (1993), define a la salinidad, como la concentración de sales solubles presentes en la solución del sustrato. Menciona también tres causas que prueban un incremento en la salinidad del sustrato, después de estar colocado este en el contenedor, son:

La presencia de fertilizantes insolubles, como los de liberación lenta, cuando se mineralizan, o bien, cuando liberan sales mediante difusión, en mayor grado a las cantidades absorbidas o lixiviadas.

Cuando la cantidad de sales aportadas por el agua de riego o solución nutritiva son mayores que las absorbidas por la planta o las perdidas por lixiviación.

Cuando el sustrato presenta una elevada CIC y al mismo tiempo se descompone con el transcurso del cultivo, liberando demasiados nutrientes.

## **GENERALIDADES DE LOS SUELOS SALINOS**

### **Salinidad de los suelos.**

Los suelos salinos se caracterizan por concentraciones excesivas de sales solubles de calcio, magnesio y sodio en la capa superficial. Las características de los suelos salinos son las siguientes: a). Superficie acostada, agrietada y aparición de cristales o capa de sal, b). El pH de los suelos salinos es de hasta 8.5., c). Crecimiento irregular de las plantas.

En este tipo de suelos contienen sales de Calcio, Magnesio y sodio en ciertas proporciones. (Greaz, et al, 1982).

### **Origen de los problemas de salinidad**

La salinización de los suelos ocurre bajo condiciones a favor a la acumulación de las sales solubles en agua, las sales son transportadas por este movimiento y son depositadas en el suelo o en la superficie cuando el agua se evapora. Tres de los principales factores que causan la salinización de los suelos son: clima, principalmente el seco que generalmente se localiza en las zonas áridas y semiáridas; mal drenaje y el riego, mayormente cuando se riega con aguas de mala calidad (Foth y Turk, 1972)

La causa de la salinización de los suelos puede originarse además por diversos factores, como la intemperización del material primario y la presencia de niveles freáticos, cercanos a la superficie del suelo (Cortés, 1983).

### **Factores que causan la Salinidad de los suelos**

#### **A). El agua de riego de mala calidad y mal drenaje.**

Luthin, citado por Oseguera (1986), señala que la formación de un suelo salino surge por causas naturales tales como aguas saladas del subsuelo en unión de un drenaje inadecuado, una mala permeabilidad del suelo; o bien, por causas propiciadas por el hombre tales como: la aplicación de cantidades excesivas de agua de riego, el uso de agua de mala calidad, no dotar a la tierra de instalaciones adecuadas de drenaje, las prácticas inadecuadas de manejo de suelo y la combinación de varios de estos factores. El agua para riego puede contener de 0.1 a 5 toneladas de sal por hectárea, en una lamina de 30 cm de agua y la aplicación anual puede llegar hasta 1.50 metros o más (Personal del Laboratorio de Salinidad de los Estados Unidos, 1973; Shalhevet, 1986). La concentración total de las sales del agua de riego se puede expresar en términos de conductividad eléctrica (CE). Casi todas las aguas para riego tienen normalmente una CE de 2.25 decisiemen por metro (ds/m).

#### **B). El Clima**

Con lo que respecta al clima varios autores señalan que éste es un factor importante ya que en los climas áridos y semiáridos se localizan principalmente los suelos salinos. En condiciones húmedas, las sales solubles originalmente presentes en los materiales del suelo y inferiores. En las zonas áridas no ocurre esto, por la poca precipitación presente para poder llevar las sales a las capas inferiores y además a consecuencia de la elevada evaporación las formadas por la intemperización de minerales, generalmente son llevadas a las capas y por las altas temperaturas, característica de clima árido, que tiene a concentrar las

sales en los suelos, principalmente en la superficie u horizonte inferiores pero cercanos a esta (Oseguera, 1986).

### **Efecto de la salinidad sobre las plantas**

Los efectos de las sales sobre las plantas y los suelos son muy variados, manifestándose en forma diferente de acuerdo al cultivo y al tipo de sales (Olmedo, 1991)

Las sales disueltas en la solución del suelo afectan a las plantas através de dos mecanismos: mediante un aumento de la presión osmótica y por su efecto tóxico. A medida que aumenta la concentración salina de la solución del suelo, lo hace la presión osmótica y llega un momento en que las raíces de las plantas no tienen fuerza de succión necesaria para contrarrestar esa presión y por consecuencia, no absorben el agua del suelo. El otro mecanismo por el que las sales afectan el desarrollo de las plantas es la toxicidad. La toxicidad de las sales no es debido al efecto directo de sus iones, sino que estos inducen alteraciones en el metabolismo de la planta ocasionando la acumulación de productos tóxicos (Oseguera, 1986).

### **Plantas Tolerantes a la Salinidad**

Con lo que respecta a la tolerancia a la salinidad de las plantas difieren marcadamente, y de modo parecido las sales varían grandemente esta en los efectos de las plantas (Foth y Turk, 1972). Hilgard citado por el Personal del Laboratorio de Salinidad de los Estados Unidos, (1973) en 1906 fue el primero en reconocer el significado de ciertas plantas nativas como indicadores de las características de los suelos y en utilizarlas para su uso agrícola en los suelos salinos y sódicos.

Los suelos pueden contener materiales o compuestos tóxicos, como los diferentes tipos de sales, que en exceso son nocivos. Se han desarrollado varios mecanismos en las plantas a fin de evitar o tolerar la tensión por su exceso. Las que evitan como el mangle, también conocido como regulador de sales, no la absorben, pero poseen un mecanismo para excluirla de sus raíces. Las tolerantes (acumuladoras de sal) como *Atriplex spp* poseen jugo celular de muy bajo potencial (aproximadamente –200 bars, comparados con los –20 y –30 bars de las hojas normalmente), por lo que son capaces de absorber agua salada de altas concentraciones. Estas plantas toleran altas concentraciones salinas internamente y eliminan el exceso secretándola a través de glándulas especiales en sus hojas (Bidwell, 1979).

**Cuadro 2.3.** El grado de tolerancia a la salinidad o a las condiciones sódicas de algunos cultivos como se muestra en el cuadro 1 de acuerdo a Graetz, 1982.

| Alta tolerancia                                                                     | Tolerancia moderada                                                                                                                    | Poca tolerancia                                                                                                                                                                                                                  |
|-------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Palma datilera<br>Cebada<br>Remolacha<br>Algodón<br>Zacate bermuda<br>Zacate Rhodes | Higuera<br>Olivo<br>Vid<br>Trigo<br>Sorgo<br>Arroz<br>Alfalfa<br>Tomate<br>Col<br>Zanahoria<br>Cebolla<br>Lechuga<br>Rye Grass perenne | Limonero<br>Manzano<br>Peral<br>Albaricoque<br>Durazno<br>Almendro<br>Aguacate<br>Rábano<br>Melón<br>Apio<br>Frijol<br>Trébol blanco<br>Trébol rojo<br>Trébol seco<br>Cirricera<br>Broma<br>Sudán<br>Trébol de color<br>Chícharo |

Fuente: Graetz et al. , 1982

## **Efectos de la salinidad en la Germinación**

En general, la mayoría de las plantas son mas sensibles a la salinidad durante la germinación, que en las ultimas etapas del desarrollo (Guerra, 1993).

La salinidad produce una disminución en el porcentaje de semillas germinadas y un aumento en el tiempo de germinación y emergencia, así como una disminución de la tasa de absorción de agua por las semillas en germinación (Ayers et al. , 1952 citado por Guerra, 1993).

Aceves (1979) recomienda practicas de manejo para asegurar un alto porcentaje de germinación bajo condiciones de ensalitramiento, que son: a) aumentar la dosis de semilla por hectárea. Esto compensara la reducción en el porcentaje de germinación causado por las sales. b) sembrar en seco y después regar. Esto asegura que la semilla estará mayor tiempo en contacto con un contenido de agua elevada o sea una solución diluida y como consecuencia se tendrá mayor porcentaje de germinación. c) si usa surcos, sembrar en el talud. Esto asegura que la semilla no estará en contacto con una alta concentración de sales. d) seleccionar cultivos tolerantes a la salinidad. Otras medidas de manejo recomendables para asegurar que la planta no muera en las primeras etapas de su desarrollo, seria tomar en cuenta el tipo de suelo, método de riego, clima, condiciones de drenaje y todos los factores que contribuyen a la acumulación de sales en las capas superficiales del suelo.

## **CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES MAS UTILIZADOS COMERCIALMENTE.**

Los sustratos comerciales tienen mezclas de sustratos orgánicos e inorgánicos y aditivos como la piedra caliza, fertilizantes, nutrientes, etc (Teran, 1990).

## **Turba.**

La turba esta formada por restos de vegetación acuática, de pantanos o de marismas, que han sido conservadas debajo del agua en estado de descomposición parcial. La falta de oxígeno en el pantano hace mas lenta la descomposición bacteriana y química del material vegetativo. La descomposición de los diversos depósitos de tuba varia mucho, dependiendo de la vegetación de que de origen, su estado de descomposición, contenido de minerales y grado de descomposición.

### **Turberas bajas.**

También llamadas soligenas o eutroficas, son turbas fuertemente descompuestas que no son aptas para la agricultura, pues poseen una baja porosidad, deficiente retención de agua y aire pudiendo contener materiales fitotoxicos en su complejo de intercambio.

### **Turberas altas.**

Conocidas como ombrogenas u oligotroficas, son las turberas que se forman en las regiones frías con altas precipitaciones y humedad relativa elevada. Están constituidas principalmente por *Sphagnum spp.* que representa el 90% de su composición. Estas turbas retienen elevadas cantidades de agua. Su formación empezó hace unos 10 000 años. Según su grado de humificación distinguimos dos tipos: Turba ligeramente descompuesta o **Turba rubia**, es altamente utilizada en la agricultura puesto que posee excelentes propiedades físicas, como la estructura mullida y elevada capacidad de retención de agua y aire. Y turba fuertemente descompuestas o **Turba negra**, de color oscuro, no es tan apreciada puesto que, debido a su descomposición, ha perdido muchas de sus propiedades.

### **Turberas de transición.**

Presentan características intermedias entre las altas y las bajas.

### **Pumita.**

La pumita al igual que la perlita es un material, siliceo de origen volcánico, pudiendo utilizarse después de molido y cernido sin necesidad de calentarse, esencialmente tiene las mismas propiedades de la perlita aunque es mas pesado y no absorbe tanta agua, puesto que no ha sido deshidratado. Se utiliza en mezclas de turba y arena para el cultivo de plantas en maceta. (Resh, 1987).

### **Perlita.**

La perlita es un compuesto binario y esta constituida por ferrita y cementita, que se obtiene por procesos metalúrgicos. Existen dos tipos de perlita en función de su estructura microscópica, que puede ser laminar o granular. Cuando la perlita granular se calienta a 1000°C, se expande obteniéndose unas formas esferoides muy ligeras, y cuya densidad aparente es del orden 130-180 kg/m<sup>3</sup>.

Este material expandido se utiliza en agricultura solo o mezclado con otros substratos, para el cultivo fuera del suelo o en contenedor. Se trata de un substrato inerte de color blanco, cuya morfología es ligeramente esférica y su diámetro oscila entre 2 y 6 mm. Químicamente es inerte a pH 7-7.5, pero a pH ácidos puede liberar aluminio, que es uno de sus componentes. A menudo se utiliza en mezclas con turba con la finalidad de aumentar el drenaje y la aireación de la turba.

### **Vermiculita.**

Se trata de un mineral silicatado, hidratado de magnesio del grupo de los filosolicatos. Al igual que la perlita, si elevamos rápidamente su temperatura a 300°C, se expande y alcanza volúmenes de hasta cuatro veces el original.

Desde el punto de vista agrícola la vermiculita es arcilla expandida y exfoliada; sus dimensiones se mueven alrededor de 5 a 10 mm. Se trata pues

de un material de baja densidad, con buena capacidad de retención de agua, además por el hecho de ser arcillosa, conserva las propiedades de adsorción de iones de las arcillas. Una de sus desventajas es que con el tiempo se compacta y pierde sus propiedades de retención hídrica.

### **Tierra volcánica.**

Es un sustrato natural de dimensiones entre unos milímetros y 1.5 cm., la tierra volcánica es de color rojizo, presenta una gran porosidad, lo que le confiere al sustrato una gran aireación, sin embargo, sus grandes poros lo convierten en un sustrato pobre en lo que se refiere a retención de agua. Se emplea a menudo como decoración superficial para las plantas ornamentales.

### **Gravas.**

En el mercado existen tres tipos de gravas, las de cuarzo, las de piedra pómez y las de río. Las gravas de cuarzo deben de procurarse que sus gránulos no sean muy grandes y que sus aristas no sean muy agudas. Tienen mala retención de agua, tienen buen comportamiento químico, puesto que son muy inertes y ni aportan ni adsorben ningún elemento. Las gravas de piedra pómez, presentan muy buenas propiedades, para una Granulometría de 2 a 15 mm. El volumen de poros es de 85% sobre el total. Las gravas de río también se pueden utilizar pero presentan el mismo problema de porosidad de las gravas de cuarzo.

### **Arenas.**

Las arenas son sustratos naturales. Las arenas que suelen utilizarse para la agricultura suelen ser las de río (silíceas) y no las arenas de playas (calcáreas). El diámetro de las arenas se sitúa alrededor de 2 a 0.05 mm. Con el tiempo la arena se meteoriza y pierde su capacidad de aireación, su precio es alto por lo que suele usarse en cultivos de alta rentabilidad.

### **Lana de roca.**

Es un material inorgánico obtenido de la mezcla de dolerita (60%), roca calcárea (20%) y carbón (20%), todo disuelto a 1600°C. Se le considera un sustrato artificial no del todo inerte químicamente, puesto que aporta pequeñas cantidades de hierro, magnesio, manganeso y sobre todo calcio. Su pH es ligeramente alcalino y oscila entre 7 y 9, aunque con el tiempo tiende a la neutralidad. Su presentación comercial es una forma granulada. Su densidad aparente es baja, lo que le confiere gran capacidad de retención de agua. Tiene un gran poder de retención de agua a potenciales hídricos bajos y además el agua retenida aumenta poco a poco desde la parte superior del contenedor hasta la parte del fondo. Suele mezclarse con otros sustratos para asociar distintas propiedades. (Bures, 1997).

### **Poliestireno.**

Se trata de una materia termoplástica obtenida por polimerización del estireno. Se obtiene al calentarse un sustrato artificial formado por partículas redondas blancas cuyo diámetro oscila entre 4 y 12 mm. Presenta poco peso y poca capacidad de retención de agua y una gran aireación. Su pH es de 6 a 6.5.

### **Poliuretano.**

Denominación genérica de diversos polímeros sintéticos que contienen grupos uretanos. Al calentarse, se expande y toma la forma de espuma. Es totalmente inerte, ligero, de estructura estable y gran porosidad (98%), por lo que su capacidad de retención de aire es muy elevada. Su desventaja es que su capacidad de retención de agua es nula; suele utilizarse como lecho de siembra para la germinación de semillas.

## **MATERIALES Y METODOS**

### **Ubicación del Area Experimental**

El presente trabajo de investigación se realizó en las instalaciones del departamento de Horticultura ubicado en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), que geográficamente se encuentra localizada a 25° 22' Latitud Norte y 101° 00' Longitud Oeste, contando con 1742 msnm.

El trabajo de investigación se llevo a cabo en dos etapas, la primera en plántula y la segunda en maceta bajo invernadero.

### **Descripción del Area Experimental.**

#### **Clima.**

El tipo de clima es BsoKW (e), que significa seco, con verano cálido y lluvias en verano, con temperaturas extremosas.

#### **Suelo.**

La textura de los suelos varia de migajon arenoso a migajon arcilloso, localizados sobre un sustrato calcáreo, duro y continuo denominado petrocálcico.

### **Material Utilizado.**

El material que se estudió fue un biopolimero (espuma de poliuretano con base almidón), peat moss y poliacrilamida que se utilizaron como sustratos para la producción de plántulas de Melón (*Cucumis melo* L.).

### **Melón Cantalupo.**

Es un melón precoz, cuyas plantas adquieren un buen desarrollo. Las hojas son de color verde-gris oscuro. En general, los frutos son esféricos, con un peso entre 700 g y 1.200 g, ligeramente aplastados, con 10 a 14 cm de diámetro, de costillas poco marcadas, con piel fina y pulpa de color naranja, muy perfumada y poco azucarada.

El fruto tiene una alta cantidad de crecimiento, llegando a la madurez entre los 30 y 40 días después del cuajado, en función de la variedad y de las condiciones climáticas en que se desarrolle. Cuando llega a la plena madurez el color de la piel cambia hacia el amarillo.

### **Biopolimero.**

En la formulación de la espuma de poliuretano-almidón se utilizó poliol-poliéter (propoxilato de glicerol PG) (ALDRICH) con pesos moleculares 1000, 3000 y 6000. Los polisacáridos utilizados fueron amilosa y amilopectina de maíz con pesos moleculares de 150,000 y 500,000 respectivamente de la marca SIGMA. Como catalizador de gelación se utiliza dibutil-dilaureato de estaño y como catalizador de espumado trietilamina, ambos de ALDRICH. La dimetilsilicona fue utilizada como surfactante (ALDRICH); el agua destilada fue utilizada como agente de espumado y el 2,4 toluen-diisocianato 80/20 (TDI) de ALDRICH, fue usado como agente de acoplamiento.

Las espumas de poliuretano se prepararon adicionando isocianato a cada uno de los polioles premezclados con polisacárido, catalizadores, agente surfactante y agua, los ingredientes fueron adicionados como se enlistan en el Cuadro 3.1. usando 50% de poliol y 50% de polisacárido en cada formulación, la cantidad de isocianato adicionado fue basada en el contenido de hidroxilos totales de poliol, polisacárido y agua. Los materiales fueron mezclados en un agitador marca Caframo a una velocidad de 2000 rpm. El tiempo de agitación

fue de 2 minutos antes de adicionar el isocionato y 10 segundos después de la adición de este. Lo anterior fue descrito por Alba y Romero en 1999.

**Cuadro 3.1.** Espumas de poliuretano sintetizadas con polioles-polieter de diferente peso molecular y polisacaridos.

| <b>Ingredientes</b>         | <b>Partes en peso</b> |
|-----------------------------|-----------------------|
| Poliol-Polieter             | 50                    |
| Polisacarido                | 50                    |
| Surfactante                 | 0.72                  |
| Agua                        | 3.20                  |
| Dibutildilaureato de estaño | 0.56                  |
| Trietilamina                | 0.16                  |

#### **Poliacrilamida.**

Otro de los materiales utilizados fue la poliacrilamida que es de producción nueva; es un polímero electrolítico que une partículas de suelo dentro de agregados estables al agua. Esto da como resultado una mejor aireación, penetración y retención del agua. La poliacrilamida es un material granular mas fácil de manejar que no tiene olor.

### **Descripción de los tratamientos**

#### **Tratamientos Evaluados.**

**Cuadro 3.2.** Tratamientos evaluados en el cultivo de melón en etapa de plántula, 2001.

| Tratamiento    | Descripción                                                                 |
|----------------|-----------------------------------------------------------------------------|
| Peat moss      | Testigo                                                                     |
| Poliacrilamida | Poliacrilamida molida en peat moss al 0.1% (v/v)                            |
| Biopolimero    | Espuma de poliuretano-almidón con poliacrilamida en peat moss al 1% (v/v)   |
| Biopolimero    | Espuma de poliuretano-almidón sin poliacrilamida en peat moss al 1% (v/v)   |
| Biopolimero    | Espuma de poliuretano-almidón con cascara de cacao en peat moss al 1% (v/v) |

## **Diseño Experimental.**

El diseño experimental empleado fue completamente al azar con cinco tratamientos y cuatro repeticiones, con un total de 20 unidades experimentales.

## **Establecimiento del Experimento.**

En el trabajo de investigación se realizó en invernadero en verano del 2001. La especie utilizada fue melón (*Cucumis melo* L.). En cada charola se colocaron tres tratamientos (se tienen cinco tratamientos con cuatro repeticiones), por lo cual se utilizaron siete charolas. Una vez que se realizaron las mezclas de poliacrilamida y las espumas hidrofílicas se procedió a la siembra de las semillas. A continuación las charolas se colocaron sobre plástico negro y se aplicó agua de riego con regadera cuidando de aplicar la misma cantidad a cada charola.

Una vez por semana se fertilizó aplicando solución nutritiva Douglas al 50% en agua durante un día. El resto de los riegos se aplicaron con regadera. La prevención de enfermedades se realizó aplicando captan (1.5 g /L) una vez por semana.

Llegando el tiempo del trasplante se seleccionaron las mejores plántulas de cada tratamiento y se trasplantaron. Se tuvieron 50 macetas (con un volumen de 15 lts. (1500 ml) de suelo cribado. Con dosis que fueron 0 (Suelo regional), 15 (poliacrilamida) y 150 ml (Poliuretano-almidón). En términos de porcentaje los tratamientos fueron 0, 0.1 y 1% V/V. Para el control de enfermedades se tuvieron muchos problemas con cenicienta y para ello se realizaron aplicaciones de Oxidocloruro de cobre y Leche al 25%.

## **Cronología Experimental**

### **Etapas de plántula.**

#### **Labores Culturales**

##### **Preparación de camas flotantes.**

La preparación de las camas flotantes se realizó a finales del mes de Junio de 2001, limpiándose la parte utilizada, procediéndose después a la formación de las camas flotantes las cuales se ubicaron en la parte Norte del invernadero, utilizándose madera y plástico negro de polietileno para construir un contenedor.

##### **Siembra.**

La siembra se realizó en seco el 31 de Junio de 2001. Procediéndose inmediatamente después a colocarlas en las camas flotantes las cuales se aplicaron agua de riego con regadera cuidando de aplicar la misma cantidad a cada charola. Las semillas de melón fueron colocadas en los sustratos a 1cm. de profundidad para los cinco tratamientos.

##### **Riegos.**

Los riegos se llevaron acabo con una regadera cuidando de aplicar la misma cantidad a cada charola.

##### **Fertilización.**

Se aplicó solución Douglas al 50% en agua durante un día, una vez por semana. Y aplicaciones de Foltron Plus los días 15 y 21 de Julio.

##### **Control Fitosanitario.**

En el control de enfermedades no hubo muchos problemas, pero se realizaron aplicaciones de captan una vez por semana, en el caso del control de plagas no se tuvieron problemas.

## **Variables Evaluadas.**

Las variables evaluadas fueron: biomasa fresca y seca de la raíz y la parte aérea, altura de plántula y numero de hojas.

### **Peso Fresco.**

Para la determinación de los pesos frescos se eligieron ocho plántulas por tratamiento eligiéndolas al azar. Las plántulas fueron marcadas y se procedió a separar la parte aérea de la raíz. La raíz fue lavada para eliminar partículas adheridas del sustrato. Las muestras fueron pesadas en una balanza analítica OHAUSO modelo TS120. Esta labor se realizo a los días 8 y 20 de Octubre.

### **Peso Seco.**

Para la determinación del peso seco las muestras utilizadas para el peso fresco fueron secadas a 60°C. hasta alcanzar peso constante en una estufa MAPSA modelo HDP334.

### **Numero de hojas.**

Para determinar esta variable se procedió a contar el numero de hojas y se tuvieron dos muestreos que fueron los mismos días que en la variable de peso seco y altura de plántula.

### **Altura de plántula.**

Para determinar esta variable se procedió a medir con una regla desde la base del tallo hasta el ápice y se tuvo dos muestreos los mismos días que en el peso fresco.

## Etapa de Maceta

### Tratamientos Evaluados.

En este Experimento los tratamientos evaluados se describen en el **Cuadro 3.3** y la distribución de los tratamientos se muestra en la **Figura 3.1**.

**Cuadro 3.3** Tratamientos evaluados en el cultivo de melón en etapa de Maceta 2001.

| Tratamiento    | Descripción                                                           |
|----------------|-----------------------------------------------------------------------|
| Suelo          | Testigo (suelo regional)                                              |
| Poliacrilamida | Poliacrilamida molida en suelo al 0.1% v/v                            |
| Biopólímero    | Espuma de poliuretano-almidón con poliacrilamida en suelo al 1% v/v   |
| Biopolímero    | Espuma de poliuretano-almidón sin poliacrilamida en suelo al 1% v/v   |
| Biopolímero    | Espuma de poliuretano-almidón con cáscara de cacao en suelo al 1% v/v |

Otro factor que se tomo en cuenta fue la cantidad de agua aplicada a cada uno de los tratamientos ya que al 50% de las macetas se aplicaba solamente el 50% de agua que al resto de las macetas.

### Diseño Experimental.

Se utilizo un diseño de bloques con cinco tratamientos y diez repeticiones, con un total de 50 unidades experimentales.

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

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

1. suelo
2. poliacrilamida
3. poliuretano-almidón con poliacrilamida
4. poliuretano-almidón sin poliacrilamida
5. poliuretano almidón con polvo de cascara de cacao

**Figura 3.1.** Distribución de los tratamientos en etapa de maceta.

## **Labores Culturales.**

### **Preparación del Terreno.**

En una superficie de 18 m<sup>2</sup> (4.5 m x 4 m) se formaron 5 filas con una distancia entre filas de 100 cm, cada fila estaba formada por 10 macetas. La distancia entre macetas fue de 50 cm. Los diferentes tratamientos fueron instalados el 4 de agosto del 2001.

### **Llenado de macetas.**

El llenado de macetas (15 Kg./maceta) se realizó el día 4 de agosto del 2001. Los diferentes tratamientos fueron instalados de la siguiente manera:

#### **Biopolimero en polvo.**

Los bloques se molieron hasta formar una mezcla homogénea del biopolimero con la tierra que le corresponde a cada maceta. Para esto se utilizó un bote de plástico de 20 litros, una vez realizado esto se procedió a colocarla en la parte central de cada maceta.

#### **Poliacrilamida**

La poliacrilamida molida se colocó en un recipiente con agua se dejó por cinco minutos. Una vez realizado esto se procedió a colocarla en la parte central de cada maceta.

#### **Suelo Regional.**

En el caso del testigo se uso suelo del lugar para poder comparar el comportamiento de las plantas.

### **Trasplante.**

El trasplante se realizo el día 5 de Agosto del 2001.

### **Riego.**

Los riegos se efectuaron llevándose un control de la cantidad de agua aplicada para cada maceta, ya que al 50% de las macetas se aplico la mitad de agua que se le aplicaba al otro 50 %.(250 ml y 125 ml).

### **Fertilización.**

Se aplico fertilización de presembrado, esto se hizo el día que se prepararon las macetas y aplicaciones de solución Douglas como lo fue requiriendo el cultivo.

### **Control Fitosanitario.**

Para el control de enfermedades se tuvieron muchos problemas con cenicilla, para ello se hicieron aplicaciones de Oxidloruro de Cobre los días 20, 30 de Agosto, 10, 20, 30 de Septiembre, 10 y 20 de Octubre. También se aplicó leche al 25% los días 25 de Agosto, 5, 15, 25 de Septiembre, 5 y 15 de Octubre.

### **Deshierbes.**

Esta actividad se llevo a cabo manualmente cada quince días.

## **Variables Evaluadas.**

Se tomaron lecturas de biomasa fresca y seca tanto de la parte aérea como de la radicular. Se midió también la altura, Numero de hojas, altura de la planta, determinación de la conductividad eléctrica y determinación de numero de estomas y células tabloides.

Para la determinación del peso fresco y peso seco se utilizaron 2 plantas por tratamiento en cada una de las cinco repeticiones. Se realizó el día 11 y 24 de Octubre respectivamente.

#### **Altura de planta.**

Se obtuvo con una regla, midiendo desde la base del tallo, hasta el ápice de la planta. El dato obtenido fue en cm. las evaluaciones se realizaron cada 20 días después del trasplante teniendo un total de cuatro medidas los días 22 de Agosto, 11 de Septiembre, 8 de Octubre y 23 de Octubre.

#### **Numero de Hojas.**

En lo que respecta a esta variable se realizaron cada semana, pero en este caso se hacía contando el número de hojas planta/planta. Llevándose un registro cuidadoso para evitar errores, obteniendo un total de ocho conteos siendo los días 22 de Agosto, 5, 11, 18 y 25 de Septiembre, 8, 17 y 23 de Octubre.

#### **Peso fresco.**

Para la determinación de los pesos frescos se eligieron dos plantas por tratamiento y repetición. Las plantas fueron marcadas y se procedió a separar la parte aérea de la raíz. La raíz fue lavada para eliminar partículas adheridas del sustrato. Las muestras fueron pesadas en una balanza analítica OHAUS modelo TS120. Esta labor fue realizada 2 veces los días 11 y 24 de Octubre.

#### **Peso seco.**

Para la determinación del peso seco las muestras utilizadas para el peso fresco fueron secadas a 60°C. Hasta alcanzar peso constante en una estufa MAPSA modelo HDP334. Esta labor se realizó en las mismas fechas cuando se hizo la toma de datos de peso fresco.

### **Determinación de la conductividad eléctrica.**

Para la determinación de la conductividad eléctrica se tomaron muestras de suelo de los diferentes tratamientos el día 24 de octubre, tomándose de la parte superior, media e inferior de la maceta y se llevaron a analizar al laboratorio de Química de suelos del departamento de Suelos de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

### **Determinación de Numero de Estomas y Células Tabloides**

Para determinar el numero de estomas y células tabloides se tomaron impresiones de la superficie foliar utilizando una mezcla de poliestireno y xilol la cual después de secarse fue extraída con un padecido de cinta adhesiva colocándose a continuación en un portaobjeto. Lo anterior se hizo para el haz y envés de la hoja.

Posteriormente se observó en un microscopio compuesto, en el lente de 40x, el campo observado se dividió en cuatro para su mayor facilidad, contando en dirección de las manecillas del reloj. Esta toma de muestras se realizó el día 28 de Octubre del 2001.

Para sacar la unidad de área que posteriormente se utiliza para sacar la densidad estomática, se utilizó la fórmula para estimar el diámetro del campo que sugiere el manual Karl Mollring (sin fecha) que es igual:

#### **Diámetro de campo**

**Ocular 10x / Objetivo 40x= 0.25 mm de diámetro en el plano del objetivo**

$$= 0.196 \text{ mm}^2$$

$$A= 0.0491 \text{ mm}^2$$

## RESULTADOS Y DISCUSION

### ANÁLISIS DE CRECIMIENTO DEL CULTIVO

#### ETAPA DE PLÁNTULA

##### Primer muestreo

**CUADRO 4.1.** Valores promedios de la plántula de peso fresco y seco en el primer muestreo.

| TRATAMIENTOS        | PFA        | PFR      | PFT       | PSA      | PSR       | PST      |
|---------------------|------------|----------|-----------|----------|-----------|----------|
| TESTIGO             | 2.8483 ab' | 1.3575 a | 4.2058 ab | 0.3615 a | 0.0885 ab | 0.4500 a |
| POLIACRILAMIDA      | 3.4160 b   | 1.5518 a | 4.9678 b  | 0.4617 b | 0.1031 b  | 0.5648 b |
| EH + POLIACRILAMIDA | 2.5754 a   | 1.2600 a | 3.8354 a  | 0.3482 a | 0.0769 a  | 0.4251 a |
| EH                  | 2.3944 a   | 1.1248 a | 3.5191 a  | 0.3399 a | 0.0805 a  | 0.4204 a |
| EH + CACAO          | 2.5174 a   | 1.1363 a | 3.6536 a  | 0.3151 a | 0.0797 a  | 0.3948 a |

' los promedios siguientes de la misma letra no son estadísticamente diferentes según una prueba de DMS con  $\alpha = 0.05$

PFA= Peso Fresco Aéreo. PFR= Peso Fresco Raíz. PFT= Peso Fresco Raíz. PSA= Peso Seco Aéreo. PSR= Peso Seco Raíz. PST= Peso Seco Total.

#### PESO FRESCO

En la variable PFA el mejor tratamiento es la poliacrilamida que es estadísticamente significativo al igual que el testigo y numéricamente el peor fue la EH. En la variable PFR no se encontró diferencia significativa en los tratamientos. En la variable PFT el mejor tratamiento es la poliacrilamida que es estadísticamente significativo al igual que el testigo. y numéricamente el peor fue la EH (Cuadro 4.1).

Como podemos observar en la figura 4.1 según el análisis de varianza en todas las variables de biomasa fresca para el primer muestreo la poliacrilamida dio los mejores resultados, por lo que se concluye que los biopolímeros hidrofílicos con base de almidón no tienen ningún efecto sobre el peso fresco total de las plántulas bajo condiciones de riego controlado y fertilización

adecuada.

## **PESO SECO**

En la variable PSA la poliacrilamida es estadísticamente significativo y numéricamente el peor fue el EH + Cacao. En el PSR el mejor tratamiento es la poliacrilamida que es estadísticamente significativo al igual que el testigo y el peor fue la EH + Poliacrilamida como se muestra en la figura 3.2. En la variable PST la poliacrilamida es estadísticamente significativo y numéricamente el peor fue la EH + Cacao (Cuadro 4.1)

Como podemos observar en la figura 4.2 En todas las variables de peso seco para el primer muestreo la poliacrilamida dio los primeros resultados por lo que se concluye que los biopolímeros hidrofílicos en base de almidón no tienen ningún efecto sobre el peso seco de la plántula bajo condiciones de riego y fertilización adecuada.

**CUADRO 4.2.** Valores promedios de la plántula en altura y numero de hojas en el primer muestreo.

| TRATAMIENTO         | ALTURA    | # HOJAS |
|---------------------|-----------|---------|
| TESTIGO             | 9.1625 a' | 3.750 a |
| POLIACRILAMIDA      | 9.3875 a  | 3.750 a |
| EH + POLIACRILAMIDA | 8.7000 a  | 3.750 a |
| EH                  | 7.7000 a  | 3.500 a |
| EH + CACAO          | 8.2250 a  | 3.375 a |

En altura y número de hojas no hay diferencia significativa en los tratamientos. Por lo que se concluye que los biopolímeros hidrofílicos con base de almidón no tienen ningún efecto sobre altura y numero de hojas en plántula bajo condiciones de riego controlado y fertilización adecuada. Como se muestra en el cuadro 4.2

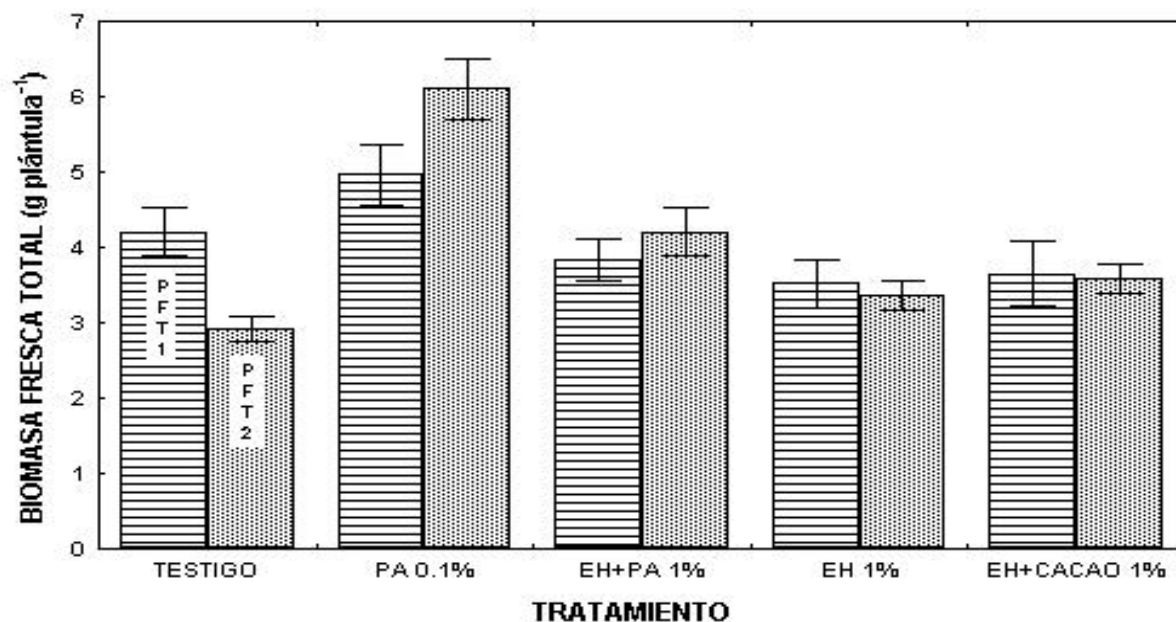
## Segundo muestreo

**CUADRO 4.3.** Valores promedios de la plántula en el segundo muestreo.

| TRATAMIENTO         |           |           |           |           |          |           |
|---------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|-----------|
|                     | PFA       | PFR       | PFT       | PSA       | PSR      | PST       |
| TESTIGO             | 2.1530 a  | 0.7589 a  | 2.9119 a  | 0.3759 a  | 0.0945 a | 0.4705 a  |
| POLIACRILAMIDA      | 4.1362 c  | 1.9707 c  | 6.1069 c  | 0.6413 c  | 0.1517 b | 0.7930 c  |
| EH + POLIACRILAMIDA | 2.9369 b  | 1.2585 b  | 4.1954 b  | 0.5595 bc | 0.1206 a | 0.6801 bc |
| EH                  | 2.4866 ab | 0.8782 a  | 3.3648 a  | 0.4759 ab | 0.1083 a | 0.5842 ab |
| EH + CACAO          | 2.6480 ab | 0.9328 ab | 3.5808 ab | 0.4970 b  | 0.1170 a | 0.6140 b  |

## PESO FRESCO

En el PFA el mejor tratamiento es la poliacrilamida que es altamente significativo y los tratamientos EH + Poliacrilamida, EH y EH + cacao son significativos y el peor fue el Testigo. En la variable PFR la poliacrilamida es altamente significativo y los tratamientos EH + Poliacrilamida, EH y EH + Cacao son significativos y el peor fue el Testigo. En el PFT la poliacrilamida es altamente significativo y los tratamientos EH + Poliacrilamida y EH + Cacao son significativos y el peor fue el Testigo (Cuadro 4.3).

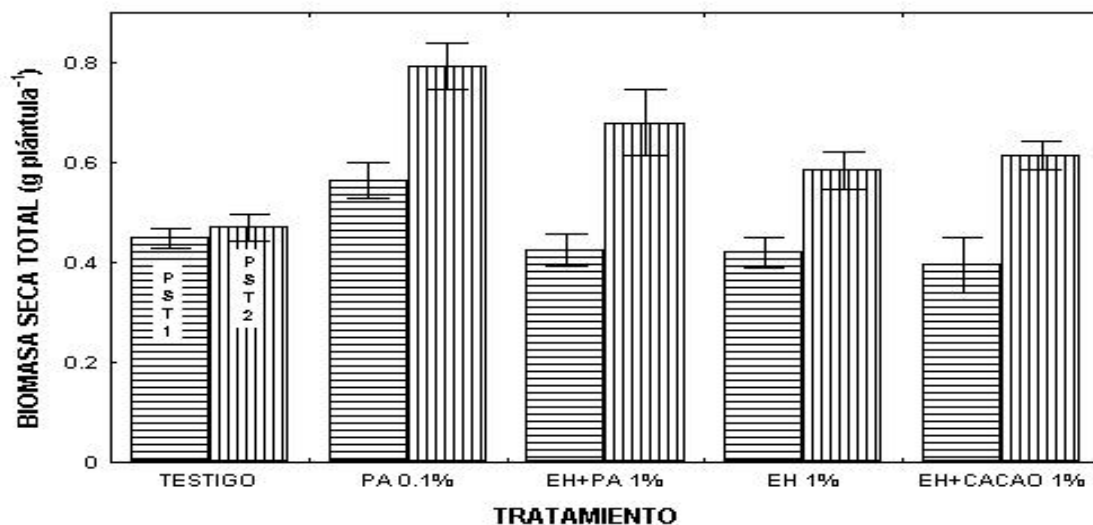


**FIGURA 4.1.** Biomasa fresca total en plántula de melón.

Como podemos observar en la figura 4.1 según el análisis de varianza se observan diferencias altamente significativas en el peso fresco para el segundo muestreo la poliacrilamida obtuvo los mejores resultados siendo altamente significativos seguidos por EH + poliacrilamida y EH + Cacao que son estadísticamente significativos por lo que podemos concluir que la EH + poliacrilamida y la EH + Cacao si tienen efecto significativo en el peso fresco total de la plántula bajo condiciones de riego controlado y fertilización adecuada.

### PESO SECO

En el PSA el mejor tratamiento es la poliacrilamida seguido por EH + Poliacrilamida que son altamente significativos y la EH + Poliacrilamida, EH + Cacao y EH son significativos y el peor fue el Testigo. El PSR la poliacrilamida es estadísticamente significativo y el peor fue el testigo. El PST el mejor tratamiento es la poliacrilamida y seguido por la EH + poliacrilamida que son altamente significativos y los tratamientos EH + poliacrilamida, EH y EH + cacao son significativas y el peor fue el testigo.



**FIGURA 4.2.** Biomasa seca total en plántula de melón.

Como podemos observar en la figura 4.2 según el análisis de varianza las lecturas de peso seco se observan diferencias por lo que se concluye que la poliacrilamida y la EH + poliacrilamida obtuvieron los mejores resultados seguidos Cacao y la EH + Cacao y la EH.

**CUADRO 4.4.** Valores promedios de la plántula en altura y numero de hojas en el segundo muestreo.

| TRATAMIENTO         | ALTURA     | # HOJAS   |
|---------------------|------------|-----------|
| TESTIGO             | 8.0000 a   | 5.5000 a  |
| POLIACRILAMIDA      | 11.8750 c  | 5.3750 a  |
| EH + POLIACRILAMIDA | 11.3750 bc | 5.2500 a  |
| EH                  | 9.6875 ab  | 5.6250 ab |
| EH + CACAO          | 11.1875 b  | 6.1250 b  |

Como se puede observar en la variable altura los tratamientos poliacrilamida y EH + Poliacrilamida son altamente significativos y los tratamientos EH + Poliacrilamida, EH y EH + Cacao son significativos y el peor fue el testigo. En el Numero de hojas el mejor tratamiento es el EH + Cacao seguido de la EH que son significativos y el peor fue la EH + Poliacrilamida Por lo que se concluye que los biopolimeros con base de almidón tienen efecto significativo sobre altura y numero de hojas de las plántulas bajo condiciones de riego controlado y fertilización adecuada.

## ETAPA DE MACETA

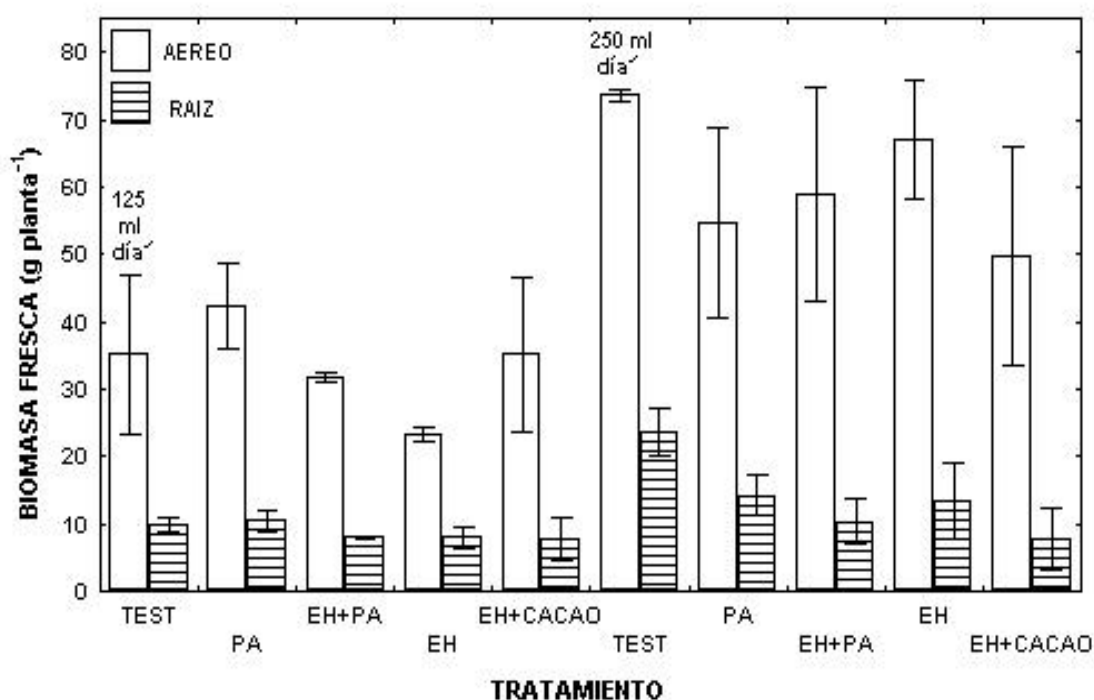
El análisis de varianza marcó para todas las variables diferencias significativas para el factor cantidad de agua. Para los tratamientos con materiales hidrofílicos el resultado fue dependiente de la variable considerada. En el Cuadro 4.5 se anotan los valores promedio de las diferentes variables en cada tratamiento de aplicación de materiales hidrofílicos al suelo. Posteriormente en cada Figura se anotan con detalle los resultados para cada tipo de material en cada nivel de aplicación de agua.

**CUADRO 4.5.** Valores promedio para dos muestreos de la biomasa de las plantas en la etapa de maceta.

| TRATAMIENTOS     | PFA       | PFR        | PFT       | PSA      | PSR       | PST      | % DE MATERIA SECA |
|------------------|-----------|------------|-----------|----------|-----------|----------|-------------------|
| TESTIGO          | 54.3500 a | 16.8000 b  | 71.1500 a | 7.3050 a | 2.7150 b  | 10.0200a | 13.9899 a         |
| POLIACRILAMIDA   | 48.8970 a | 12.7730 ab | 61.6700 a | 6.2457 a | 1.8620 ab | 8.1077 a | 13.0471 a         |
| EH + POLIACRILA. | 47.2769 a | 9.4730 a   | 56.7500 a | 6.1037 a | 1.4360 a  | 7.5397 a | 13.4543 a         |
| EH               | 48.6370 a | 11.3730 ab | 60.0100 a | 7.2337 a | 2.2400 ab | 9.4737 a | 15.3714 ab        |
| EH + CACAO       | 43.0770 a | 7.8930 a   | 50.9700 a | 6.4677 a | 1.5820 a  | 8.0497 a | 17.0796 b         |

## PESO FRESCO

En el PFA no hay diferencia significativa entre los tratamientos. En el PFR el mejor fue el testigo al igual que la poliacrilamida y la EH que son significativos y el peor fue el EH + Cacao. En el PFT no hay diferencia significativa entre los tratamientos.



**FIGURA 4.3.** Biomasa fresca en etapa de maceta.

En la Figura 4.3 se aprecia la diferencia del crecimiento de las plantas para cada tratamiento por nivel de aplicación de agua. Es notable verificar que con 125 ml de agua por día la poliacrilamida indujo un efecto positivo sobre el crecimiento de las plantas, mientras que las espumas, a excepción de la de cacao, mostraron un menor desempeño. Al aplicar 250 ml de agua por día prácticamente todos los materiales hidrofílicos presentaron resultados menores a los del testigo. En un trabajo análogo realizado por Quillo (2001) se probaron diferentes espumas hidrofílicas en tomate plantado en un suelo calcáreo pero sin limitantes de riego o fertilización observándose resultados parecidos.

### **PESO SECO**

En el PSA no hay diferencia significativa entre los promedios de dos muestreos para los tratamientos. En el PSR el mejor fue el testigo seguido por la EH y la Poliacrilamida que son significativos y el peor fue la EH + Poliacrilamida. En el PST no hay diferencia significativa entre los tratamientos.

En el % de Materia Seca el mejor fue la EH + Cacao seguido por la EH que son significativos y el peor fue la EH + Poliacrilamida.

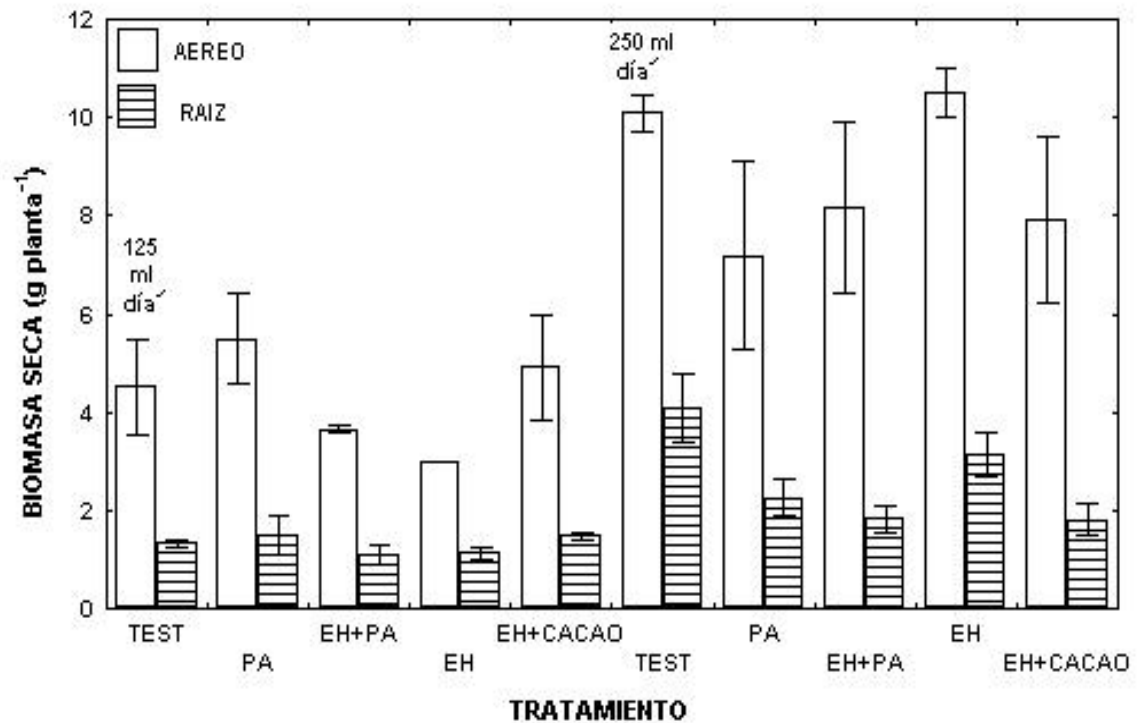
Como podemos observar en la Figura 4.4 se observó prácticamente la misma tendencia descrita para el peso fresco total en la Figura 4.3.

### **ALTURA DE LA PLANTA Y NUMERO DE HOJAS**

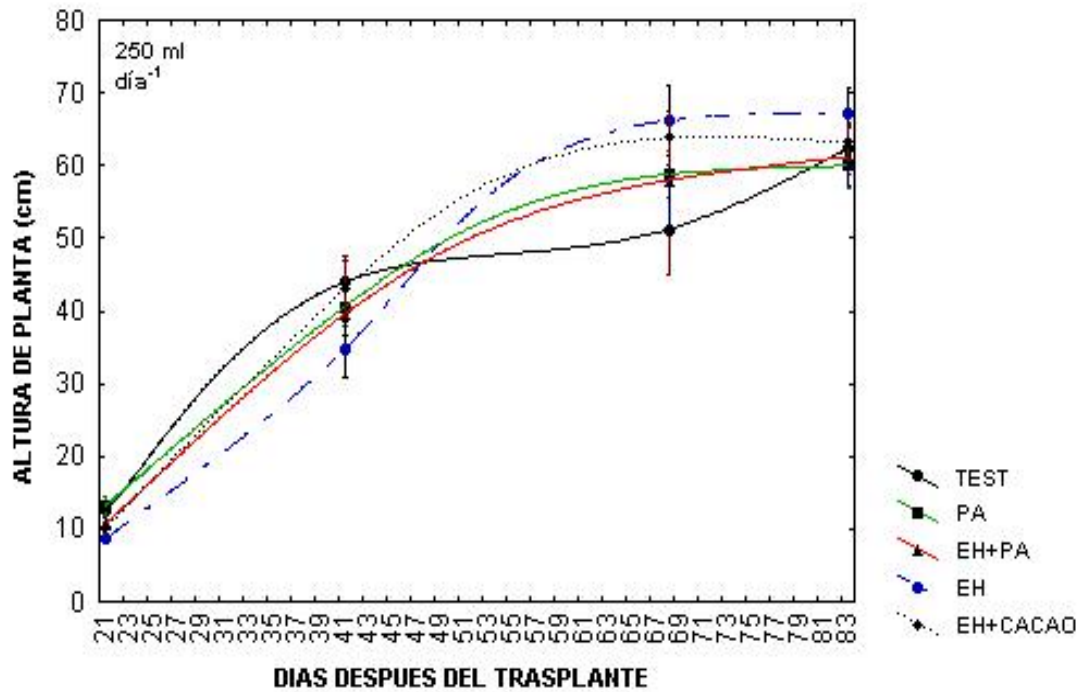
**CUADRO 4.6.** Valores promedios del análisis global de altura y Numero de hojas en la etapa de maceta.

| TRATAMIENTOS         | ALTURA     | # DE HOJAS  |
|----------------------|------------|-------------|
| TESTIGO              | 36.0944 a  | 42.2222 c   |
| POLIACRILAMIDA       | 36.6661 ab | 40.6586 bc  |
| EH + POLIACRILAMIDA. | 35.3504 a  | 38.3690 ab  |
| EH                   | 36.2056 a  | 37.1849 a   |
| EH + CACAO           | 40.2451 b  | 39.5270 abc |

En la variable altura de planta la EH + Cacao al igual que la Poliacrilamida son significativos y el peor fue la EH + Poliacrilamida. En el número de hojas el testigo seguido por la Poliacrilamida y la EH + Cacao son altamente significativos y la EH + Poliacrilamida es significativa y el peor fue la EH.



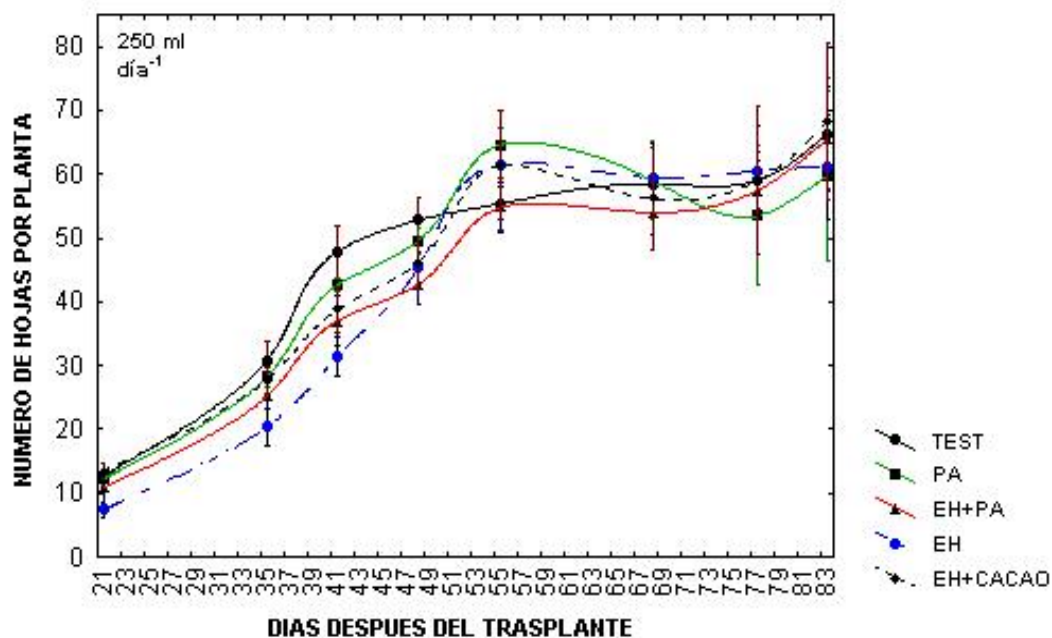
**FIGURA 4.4.** Biomasa seca en etapa de maceta.



**FIGURA 4.5.** Altura de planta en etapa de maceta.

Como podemos observar en la figura 4.5 según el análisis de varianza (ANVA) se observan diferencias significativas por lo que se concluye que el biopolímero EH + Cacao tiene efecto sobre la altura de las plantas bajo condiciones de riego y fertilización adecuada.

Como podemos observar en la figura 4.6 según el análisis de varianza (ANVA) se observan diferencias altamente significativas por lo que se concluye que los biopolímeros EH + Cacao y EH + poliacrilamida tienen efecto sobre el número de hojas.



**FIGURA 4.6.** Numero de hojas por planta en etapa de maceta.

## APLICACIÓN DE AGUA

**CUADRO 4.7.** Valores promedios del análisis global del pretratamiento agua en etapa de maceta.

| PRETRATAMIENTO | PFA       | PFR       | PST       | PSA      | PSR     | PST       | % MATERIA SECA |
|----------------|-----------|-----------|-----------|----------|---------|-----------|----------------|
| AGUA 125 ml    | 33.5200 a | 8.8500 a  | 42.3700 a | 4.3210 a | 1.3140a | 5.63500 a | 13.5971 a      |
| AGUA 250 ml    | 63.3751 b | 14.4748 b | 77.8500 b | 9.0214b  | 2.6200b | 11.6414 a | 15.5799 b      |

Como podemos ver de acuerdo al análisis de varianza (ANVA) los pretratamientos agua 125 ml y agua 250 ml estos presentan diferencias

significativas por lo que podemos concluir que teniendo una mayor humedad disponible se tiene mayor biomasa.

**CUADRO 4.8.** Valores promedios del análisis global del pretratamiento agua en las variables altura y Numero de hojas en etapa de maceta.

| PRETRATAMIENTO | ALTURA    | # DE HOJAS |
|----------------|-----------|------------|
| AGUA 125 ml    | 30.6372 a | 33.8822 a  |
| AGUA 250 ml    | 43.1875 b | 45.3024 b  |

En altura y número de hojas fue el agua a 250 ml que resultó significativo y el peor fue el agua a 125 ml. por lo que podemos concluir que teniendo una mayor humedad disponible se tiene mayor altura y número de hojas.

El objetivo final de las espumas hidrofílicas de poliuretano-almidón es disponer de un material hidrofílico de costo significativamente menor a la poliacrilamida comercial. De ser esto posible la aplicación de dicho material sería rentable en cultivos básicos como el maíz. En las regiones agrícolas del norte de México y del Bajío la eficiencia de uso del agua en las operaciones agrícolas se vuelve cada vez más un factor a considerar.

En la región norte de México la agricultura de riego se enfrenta al reto de producir de manera rentable tratando de elevar la eficiencia del agua y produciendo en suelos con niveles altos de sales y otros caracteres químicos indeseables como los carbonatos. Este factor intrínseco de salinidad en suelo y agua hace difícil el uso de polímeros hidrofílicos, no solo de la poliacrilamida, ya que la eficiencia de captura de agua por los mismos depende de la conductividad eléctrica de la solución de agua del suelo.

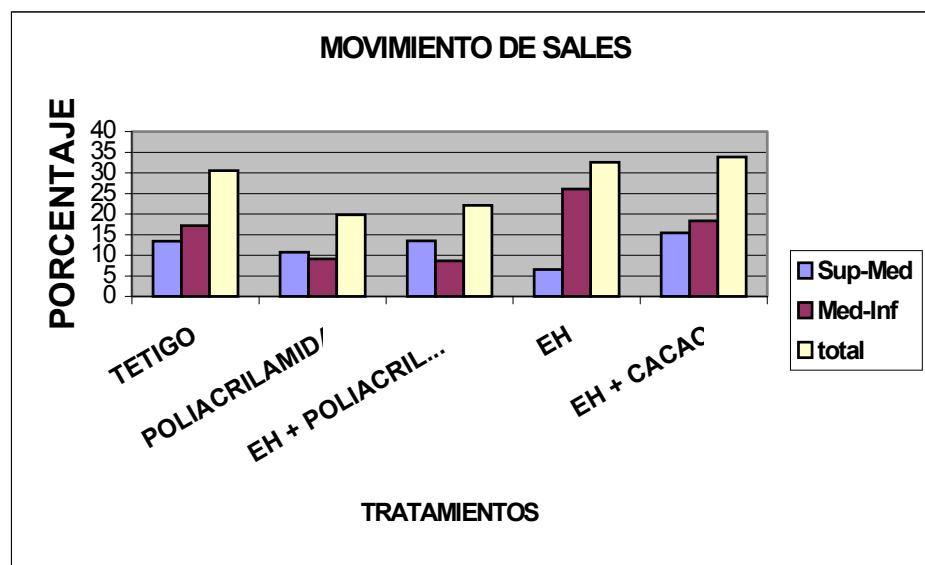
En el presente trabajo los nuevos materiales experimentales de poliuretano-almidón fueron probados junto con poliacrilamida comercial en suelos de alto nivel de salinidad para verificar su eficiencia relativa bajo estas condiciones.

Aunque se probaron dos niveles de aplicación de agua a las plantas (125 y 250 ml por maceta por día), y se observaron de hecho grandes diferencias en el

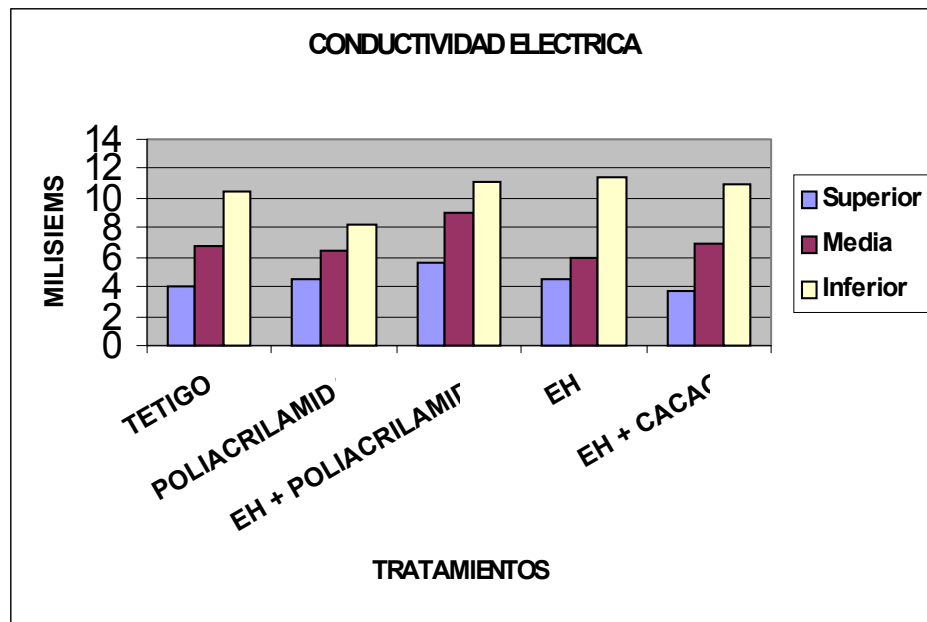
crecimiento de las plantas en cada régimen de riego, no se obtuvo un comportamiento diferencial de los polímeros hidrofílicos en estas condiciones a excepción de la poliacrilamida comercial que mostró buenos resultados con el régimen más bajo de agua. Considerando esto es probable que el factor dominante para determinar la respuesta a los polímeros haya sido la salinidad del suelo y agua, más que el propio aporte de agua de riego. Para algunas variables la inclusión del cacao en los materiales hidrofílicos dio buen resultado por lo cual se sugiere explorar más esta clase de opciones. Sobre todo se requiere mayor trabajo para resolver el problema general de los polímeros hidrofílicos frente a la salinidad del agua.

### Muestreos de sustratos

Los resultados de los muestreos realizados en el suelo de las macetas se anotan a continuación.

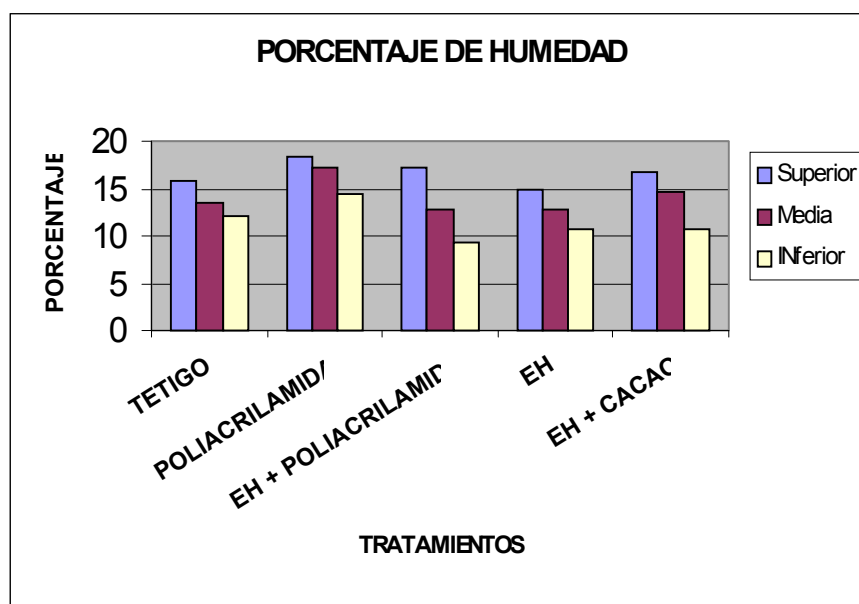


**Figura 4.7** Movimiento de sales en los perfiles de cada uno de los sustratos.



**Figura 4.8.** Conductividad eléctrica en los perfiles de cada uno de los sustratos.

Como se muestra en las figuras 4.7 y 4.8 el mejor tratamiento fue la poliacrilamida por tener la mejor estabilidad y distribución de sales y el peor fue la EH + Cacao el cual tiene menos efecto en la distribución.



**Figura 4.9.** Porcentaje de humedad en cada uno de los sustratos.

El mejor tratamiento fue la poliacrilamida ya que retuvo mayor cantidad y una mejor distribución del agua y el peor fue la EH ya que fue la que retuvo menos humedad.

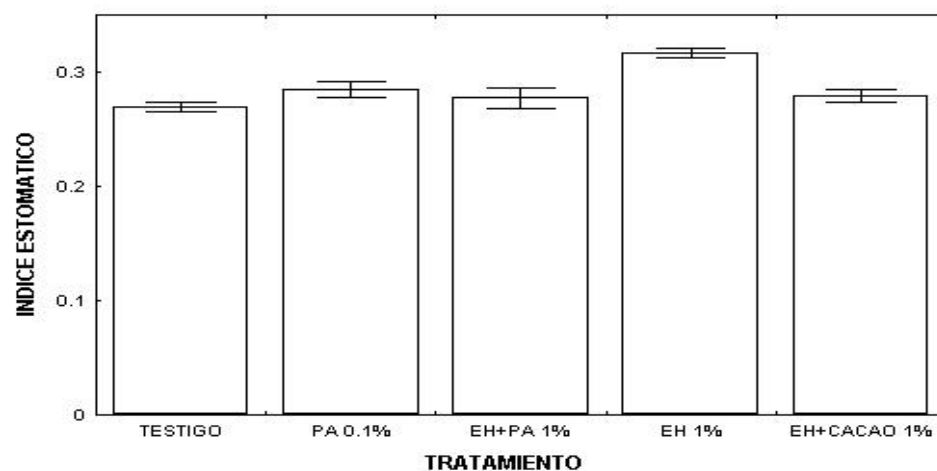
### CONTEO DE ESTOMAS Y CELULAS TABLOIDES

Este conteo solo se llevo acabo en la parte del haz de la hoja ya que del lado del envés no fue posible debido a la gran cantidad de tricomas.

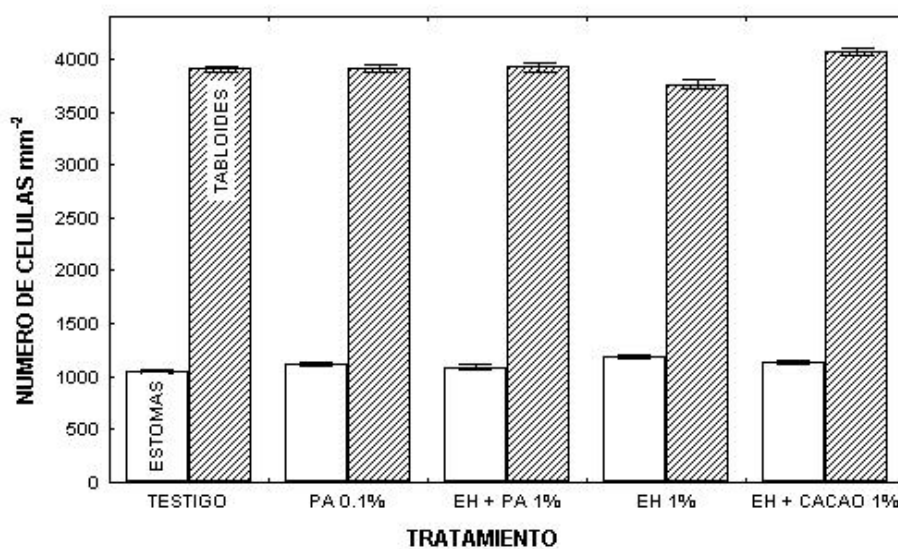
**Cuadro 4.9.** Valores promedio del conteo de estomas en etapa de maceta.

| TRATAMIENTOS        | DENSIDAD ESTOMATICA (estomas/mm <sup>2</sup> ) | DENSIDAD DE CELULAS TABLOIDES (células/mm <sup>2</sup> ) | INDICE ESTOMATICO (# estomas/ # células) |
|---------------------|------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|------------------------------------------|
| TESTIGO             | 1052.2743 a                                    | 3906.993 b                                               | 0.2693 a                                 |
| POLIACRILAMIDA      | 1113.3741 ab                                   | 3910.387 b                                               | 0.2850 a                                 |
| EH + POLIACRILAMIDA | 1086.2186 ab                                   | 3920.570 b                                               | 0.2774 a                                 |
| EH                  | 1191.4460 c                                    | 3761.032 a                                               | 0.3169 b                                 |
| EH + CACAO          | 1133.7109 bc                                   | 4063.136 c                                               | 0.2790 a                                 |

La densidad estomática más baja se observó en las plantas testigo, mientras que la más alta correspondió a la espuma hidrofílica y la espuma hidrofílica + cacao. Se sabe que la densidad estomática y el índice estomático son regulados por factores endógenos y ambientales. Entre los factores ambientales reportados se encuentra la concentración de CO<sub>2</sub> que presentó una relación positiva con el índice estomático pero ausencia de relación con la densidad estomática en *Tradescantia* (Boetsch et al., 1996). Del mismo modo la respuesta de disminución en la densidad estomática fue reportada como un carácter de aclimatación para restringir la pérdida de agua en un gradiente de altitud (Schoettle y Rochelle, 2000). De alguna manera la presencia de las espumas hidrofílicas modificó esta respuesta morfogénica de la planta, señalizando al parecer para que la planta no disminuyera tanto la densidad estomática frente al estrés de agua, aunque es probable que la salinidad del suelo y probablemente la captura de nutrientes del suelo no permitiera traducir esta señal en mayor producción de biomasa. Respecto al índice estomático se encontró que los mayores valores se asociaron con la menor producción de biomasa, esta respuesta es igual a la descrita por Salazar (2001) quien la observó en plantas sometidas a baja temperatura.



**FIGURA 4.7.** Índice estomático del cultivo de melón, 2001.



**FIGURA 4.8.** Densidad de células en la epidermis en el cultivo de melón, 2001.

## CONCLUSIONES

En base a los resultados obtenidos en el presente estudio, se concluye:

En la etapa de plántula en invernadero con riego controlado la poliacrilamida supera a las espumas hidrofílicas en cuanto a biomasa de las plántulas.

En altura de las plantas fue mayor en los tratamientos con poliacrilamida y con la espuma hidrofílica + poliacrilamida.

En cuanto al número de hojas la espuma hidrofílica + cacao y la espuma hidrofílica fueron superiores al resto de los tratamientos.

En la etapa de maceta bajo invernadero con riego controlado en cuanto a las variables de biomasa no se encontró diferencia significativa entre los tratamientos.

En altura de planta la espuma hidrofílica + cacao y la poliacrilamida fueron superiores a los demás tratamientos.

En el muestreo de suelo el mejor tratamiento fue la poliacrilamida por tener mejor estabilidad y distribución de las sales también por una mayor cantidad y una mejor distribución del agua.

La densidad estomática se vio afectada por la espuma hidrofílica y la espuma hidrofílica + cacao siendo altamente significativos.

En densidad de células tabloides la espuma hidrofílica + Cacao fue altamente significativa.

En el índice estomático la espuma hidrofílica fue estadísticamente significativa.

## LITERATURA CITADA

- Abad, B. M. 1993a. Sustratos. Características y Propiedades. Curso Superior de Especialización sobre Cultivos sin Suelo. FIAPA. Almería, España.
- Abad, B. M. 1993b. Sustratos. Características y Propiedades. Curso Superior de Especialización sobre Cultivos sin Suelo. FIAPA. Almería, España.
- Aceves, N. E. 1979. El ensalitramiento de los suelos bajo riego. Colegio de Postgraduados. Chapingo México.
- Alpi, A. y F. Tognoni. 1991. Cultivo en Invernadero. Tercera edición; Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. 347 p.
- Ansorena, M, J. 1994 Sustratos. Propiedades y Caracterización. Ed. Mundi-prensa, España.
- Bidwell, R.G.S. 1979. Fisiología Vegetal. 1ª. Edición. Ed. Agt. S.A.; México, D. F.
- Boetsch, J., J. Chin, M. Ling, and J. Croxdale. 1996. Elevated carbon dioxide affects the patterning of subsidiary cells in *Tradescantia* stomatal complexes. J. Exp. Bot. 47:925-931.
- Bures, S. 1997. Sustratos, Ediciones Agrotecnicas S.L., Madrid, España.
- Carpenter, T. 1995. Obtenga la Mejor Mezcla de Medios de Cultivo. Productores de Hortalizas, Año 4, No. 5, pp 10-12.
- Guerra, H. M. 1993. Tolerancia a la Salinidad en el Mejoramiento Y la Producción Agrícola. Seminarios de Postgrado, Especialidad Fitomejoramiento, División de Agronomía. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila.
- Hartmann, H.T. y D.E. Kester. 1995. Propagación de Plantas: Principios y Practicas. Cuarta reimpresión; CECSA. México. 760 p.
- Hassell, R. 1994. El Camino de la Prosperidad Comienza con Trasplantes Sanos. Productores de Hortalizas. Año 3, No. 5 pp 11-13.
- Olmedo, B., M. Del C.; Robledo S., E; Cajuste C., L. J. 1991. Estudio de la Tolerancia a la Salinidad de 8 Variedades de Frijol. XXIV Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo, Pachuca, Hgo. Noviembre de 1991.
- Osequera, C., Moises. 1986. Salinidad y Fertilidad del suelo agrícola irrigado con aguas negras en Ramos Arispe, Coahuila. Tesis de Licenciatura.

Depto. De Riego y Drenaje de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Noviembre de 1986.

Personal de Laboratorio de los Estados Unidos. 1973. Editor Richards L.A. Diagnostico y Rehabilitación de los Suelos Salinos y Sodic. Ed. LIMUSA. 6ta.Edicion.

Quillo Martínez, J.M.. 2001. Espuma Hidrofílica de Poliuretano y Almidón bajo Condiciones de Suelo Calcáreo y su Efecto en Cultivo de Tomate. Tesis Ingeniero Agrónomo en Horticultura, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

Resh, H.M. 1987. Cultivos Hidroponicos. Segunda edicion. Ediciones Mundi-Prensa, España.

Salazar Torres, A.M. 2001. Efecto de la Aplicación de Acido Salicílico y Sulfosalicílico en la Respuesta al Estrés de Frío de Chile Serrano (*Capsicum annuum*). Tesis Ingeniero Agrónomo en Horticultura, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

Schoettle, A.W., and S.G. Rochelle. 2000. Morphological variation of *Pinus flexilis* (Pinaceae), a bird disperse pine, across a range of elevations. Am. J. Bot. 87:1797-1806.