

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE AGRONOMIA



EFFECTO DE LA POLIACRILAMIDA Y EL REGIMEN  
HIDRICO DEL SUELO SOBRE LOS COMPONENTES  
DEL RENDIMIENTO DEL SORGO FORRAJERO

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO AGRONOMO FITOTECNISTA

PRESENTA

JOSE ANTONIO RODRIGUEZ GARZA

MARIN, N. L.

FEBRERO 1994

1

S594

R6

E.1



1080063044

T  
5594  
R6



Biblioteca Central  
Magna Solidaridad



F. Tesis S TESIS LICENCIATURA  
FONDO

040.631

FA1

1994

C.5



TU RIEGAS LOS MONTES CON LAS AGUAS QUE ENVIAS DE LO ALTO;  
COLMAS LA TIERRA DE FRUTOS QUE TU HACES NACER .


TU PRODUCES EL HENO PARA LAS BESTIAS Y LA YERBA QUE DA GRANO  
PARA EL SERVICIO DE LOS HOMBRES; A FIN DE HACER SALIR PAN DEL SENO DE  
LA TIERRA.

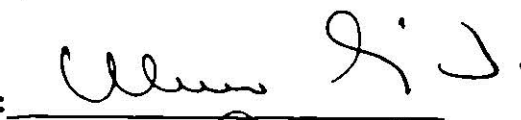
Salmo CIII V. 13, 14

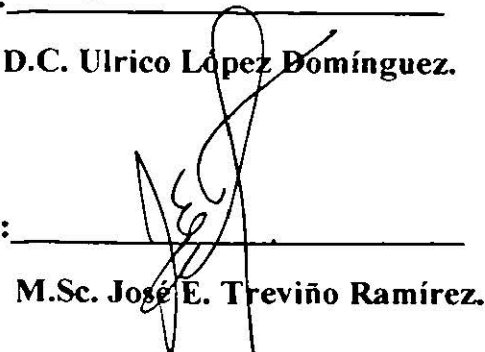
**EFECTO DE LA POLIACRILAMIDA Y EL REGIMEN HIDRICO DEL SUELO  
SOBRE LOS COMPONENTES DEL RENDIMIENTO DEL SORGO FORRAJERO.**

**ESTA TESIS FUE REALIZADA EN EL PROYECTO DE REGIONALIZACION DE LA  
INVESTIGACION (SEP), AREA: FORRAJES; EN LA LINEA: FERTILIZACION  
ORGANICA E INORGANICA Y ACEPTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA  
OBTENER EL TITULO DE INGENIERO AGRONOMO FITOTECNISTA**

**COMISION REVISADORA**

**PRESIDENTE:**   
M.C. Ernesto J. Sánchez Alejo.

**SECRETARIO:**   
D.C. Ulrico López Domínguez.

**VOCAL:**   
M.Sc. José E. Treviño Ramírez.

011672 e

## **DEDICATORIAS**

A mi Madre : Por todo el cariño que me has dado que con sus desvelos y sacrificios me han forjado para el termino de mi carrera, que este sea un pequeño reconocimiento por todo lo que has hecho por mi.

A mi Padre José Ignacio Rodríguez B.

### **UNA DEDICATORIA MUY ESPECIAL A:**

Ing. Rodolfo Rojas Guerrero y Minerva Castillo de Rojas

Que me han dado la ayuda, el apoyo y el amor que solo unos padres pueden dar. Nunca los defraudaré, muchas gracias por creer en mí.

A mis hermanos:

MINERVA

B. CARLOS

MARIO G.

Ma DEL CARMEN

Que me han apoyado en las buenas y en las malas y me han dado el cariño y la ayuda que solo los hermanos pueden dar, a ellos, muchas gracias.

A mis sobrinos: Rodolfo Carlos, Andrés Benjamin, Alicia Edith, Carlos Ramiro, Diego Alberto, Adalia Belem, Karla Victoria, Rocío, Laura Alejandra.

Que alegran mi vida con sus alegrías y travesuras.

A la familia Huerta Ibarra: Sra. María Rosa Ibarra de H.  
Mariana Huerta Ibarra  
Humberto Huerta Ibarra  
Laura Bravo de Huerta A quienes agradezco me hayan ofrecido  
su hogar y su amistad desinteresadamente.

A mi Novia: Srita. Rosa Irma Huerta Ibarra.

Gracias por tu amor y comprensión, así también por todo el apoyo y consejos que me has  
brindado TE AMO.

A mis amigos: Ing. Rito Puentes Mendez  
Ing. Roberto Hernandez B.  
Ing. David Legorreta M.  
Luciano Trujillo M.  
Ramón Tienda E.

Que siempre me brindaron su amistad desinteresadamente nunca los olvidaré.



## AGRADECIMIENTOS

Al M.C. Ernesto J. Sánchez Alejo

Por su valioso apoyo y su amistad que me ha brindado en mi formación profesional.

Al D.C. Ulrico López Domínguez

Por sus sugerencias que empleo en la revisión del presente trabajo.

Al M.Sc. José E. Treviño Ramírez

Por su colaboración para el presente escrito.

Al M. Sc. Humberto Rodríguez Fuentes

Al M.C. Hector A. Duran Pompa

Al Ing. Jesús Oaxaca Torres

Por su ayuda y amistad que me han brindado en el transcurso de mi carrera.

A mis compañeros de la FAUANL a todos ellos, muchas gracias.

## CONTENIDO

	PAGINA
INDICE CUADROS Y FIGURAS	i
INDICE DEL APENDICE	ii
LISTA DE ABREVIATURAS	iii
RESUMEN	iv
1. INTRODUCCION	1
2. OBJETIVOS E HIPOTESIS	3
2.1. Objetivos especificos	3
2.2. Hipótesis	3
3. REVISION DE LITERATURA	4
3.1. Suelos calcáreos	4
3.1.1. Características de los suelos calcimórficos	4.
3.2 Resistencia a sequía	5
3.2.1. Del Cultivo del sorgo	6
3.2.2. Del sorgo vs otros cultivos	7
3.3. Poliacrilamida	8
3.3.1. La poliacrilamida como acondicionador del suelo y su efecto en la emergencia de los cultivos	8
3.3.2. La poliacrilamida y su efecto en el rendimiento de los cultivos	11
3.3.3. La poliacrilamida y su efecto en el control de la erosión	12
4. MATERIALES Y METODOS	14
4.1 Descripción de la zona de estudio	14
4.1.1. Localización geográfica	14
4.1.2. Clima	14
4.2 Muestreo del suelo	15
4.3 Diseño experimental	16
4.4 Siembra	17
4.5 Riegos	17
4.6 Fertilización	17

5. RESULTADOS Y DISCUSION	18
5.1. Rendimiento de materia verde (RMV)	18
5.1.1. Hojas (RMV)	18
5.1.2. Tallo (RMV)	19
5.1.3. Raíz (RMV)	23
5.2. Rendimiento de materia seca (RMS)	23
5.2.1. Hojas (RMS)	23
5.2.2. Tallo (RMS)	25
5.2.3. Raíz (RMS)	27
6. CONCLUSIONES	31
7. BIBLIOGRAFIA	32
8. APENDICE	36

## INDICE DE CUADROS Y FIGURAS

CUADRO		PAGINA
1	Precipitación mensual (mm.) y temperatura mensual (°C) registradas durante el desarrollo del experimento	15
2	Determinaciones y metodologías empleadas en el análisis fisico-químico del suelo	16
3	Comparación de medias del efecto de la poliacrilamida sobre el rendimiento de materia verde en hoja	18
4	Comparación de medias del efecto de la poliacrilamida sobre el rendimiento de materia verde en tallo	21
5	Comparación de medias del efecto de la poliacrilamida sobre el rendimiento de materia seca en hoja	25
6	Comparación de medias del efecto de la poliacrilamida sobre el rendimiento de materia seca en tallo	27
7	Comparación de medias del efecto de la poliacrilamida sobre el rendimiento de peso seco en raíz	29
FIGURAS		
1	Efecto de las dosis de la poliacrilamida sobre el rendimiento de materia verde en hoja	20
2	Efecto de los niveles de humedad sobre el rendimiento de materia verde en tallo	22
3	Efecto de las interacciones de las dosis y niveles sobre el peso fresco en raíz.	24
4	Efecto de los niveles de humedad sobre el rendimiento de materia seca en hoja	26
5	Efecto de las dosis de la poliacrilamida sobre el rendimiento de materia seca en tallo	28
6	Efecto de los niveles de humedad sobre el rendimiento de peso seco en raíz	30



## INDICE DEL APENDICE

### CUADRO

	PAGINA
1A Efecto de la poliacrilamida sobre el rendimiento de materia verde en hoja.(g/ maceta)	36
2A Análisis de varianza del efecto de la poliacrilamida sobre el rendimiento de materia verde en hoja (g/maceta)	36
3A Efecto de la poliacrilamida sobre el rendimiento de materia verde en tallo (g/maceta)	37
4A Análisis de varianza del efecto de la poliacrilamida sobre el rendimiento de materia verde en tallo. (g/maceta)	37
5A Efecto de la poliacrilamida sobre el rendimiento de peso fresco en raíz (g/maceta)	38
6A Análisis de varianza del efecto de la poliacrilamida sobre el rendimiento de peso fresco en raíz. (g/maceta)	38
7A Efecto de la poliacrilamida sobre el rendimiento de materia seca en hoja	39
8A Análisis de varianza del efecto de la poliacrilamida sobre el rendimiento de materia seca en hoja (g/maceta)	39
9A Efecto de la poliacrilamida sobre el rendimiento de materia seca en tallo.(g/maceta)	40
10A Análisis de varianza del efecto de la poliacrilamida sobre el rendimiento de materia seca en tallo. (g/maceta)	40
11A Efecto de la poliacrilamida sobre el rendimiento de peso seco en raíz.(g/maceta)	41
12A Análisis de varianza del efecto de la poliacrilamida sobre el rendimiento de peso seco en raíz. (g/maceta)	41
13A Características agronómicas del híbrido de sorgo forrajero Cowhand.	42

## LISTA DE ABREVIATURAS

Ca	Calcio
CC	Capacidad de campo
cm.	Centímetros
cv	Cultivar
CO <sub>2</sub>	Bióxido de Carbono
C.V.	Coefficiente de variación
g/maceta	Gramos por maceta
Kg./ha.	Kilogramos por hectárea.
Kd.	Kilodaltons
mg.	Miligramos
Mg	Magnesio
mm.	Milímetros
msnm	Metros sobre el nivel del mar
N	Nitrógeno
oC	Grados centígrados
P	Fósforo
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Pentóxido de fósforo
pH	Potencial Hídrico
PMP	Punto de Marchitamiento
RMV	Permanente
RMS	Rendimiento de materia verde
	Rendimiento de materia seca

## RESUMEN

Los limitantes principales en los suelos de la región de Marín Nuevo León son la baja precipitación y el contenido de arcilla. Una de las medidas para hacer el problema menos acentuado es la aplicación de mejoradores de suelo. Se ha encontrado un mejorador a base de poliacrilamida, que tiene la capacidad de retener la humedad para el mejor aprovechamiento de los cultivos, y además tiende a mejorar la estructura del suelo.

El experimento se realizó en un suelo arcilloso proveniente de la Estación Experimental de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León, en Marín N.L. El experimento se desarrolló bajo condiciones de campo en la misma institución.

Se usaron macetas de 6.5 Kg. de capacidad como unidades experimentales. Anterior a la siembra se realizó un muestreo de suelo ( 0-30 cm.). Para la aplicación de la poliacrilamida se usaron las dosis de 0, 0.05, 0.1, 0.2 por ciento de peso seco del suelo y se mezclaron en forma homogénea; los dos niveles de humedad utilizados fueron Capacidad de Campo y Punto de Marchitamiento Permanente .

Se realizó la siembra del sorgo forrajero cv. Cowhand colocando 10 semillas por maceta. Se aplicaron los riegos en base a la necesidad de las plantas, durante esta fase el peso de las macetas se mantuvo constante; dejando cinco plantas por unidad experimental. El diseño experimental utilizado fue el completamente al azar con arreglo factorial. Las variables medidas en la etapa vegetativa fueron: para materia verde y seca rendimiento de hojas, tallo y raíz.

Según las observaciones realizadas sobre los componentes del rendimiento del sorgo forrajero cv. Cowhand se encontró efecto positivo de la poliacrilamida sobre la retención de humedad aprovechable del suelo. El mejor nivel de humedad fue el de Capacidad de Campo para el rendimiento de materia verde en tallo, rendimiento de materia seca en hoja y para peso seco en raíz.

Se encontró efecto positivo de la poliacrilamida aplicada al suelo sobre el rendimiento de materia verde en hoja y el rendimiento de materia seca en tallo; la dosis que presentó los más altos rendimientos fue 0.05 % de poliacrilamida en base al por ciento del peso seco del suelo .

No se encontró efecto significativo alguno de la interacción poliacrilamida vs niveles de humedad del suelo. Sin embargo se mostró clara tendencia de que a PMP la mejor dosis de poliacrilamida fue del 0.02 %.

## I. INTRODUCCION

La región semiárida del noreste de México se caracteriza por la escasez de agua, la baja retención de humedad de los suelos, el escurrimiento superficial, así como las grandes oscilaciones de temperaturas. Bajo estas condiciones se practica una agricultura de temporal donde los principales cultivos básicos son maíz, sorgo y avena.

En los últimos años han llegado al mercado mejoradores de suelo con fines agrícolas, se ha encontrado un mejorador a base de poliacrilamida que tiene la capacidad de mejorar algunas propiedades edáficas e hídricas. Este polímero tiene la capacidad de absorber hasta 300 veces su peso en agua por lo que representa una gran posibilidad para retener la humedad en época de sequía; tiene las ventajas: de poner a disposición de la raíz hasta un 95 por ciento de su capacidad de retención humedad, reduce la frecuencia de riego considerablemente, evita la pérdida de agua por evaporación, reteiene los nutrientes por más tiempo; no es tóxico y tiene una dosis letal media superior a 8,200 mg./kg., además mejora la estructura del suelo.

Es conocido que la respuesta de la planta a un déficit hídrico varía con la etapa fenológica en que se presenta.

En cuanto al sorgo, existen algunas investigaciones donde se han analizado el efecto de la sequía sobre su rendimiento y otras características agronómicas. Sin embargo la comparación de resultados se dificulta porque en esos estudios se usan diferentes criterios para definir el período de sequía; en unos es en función de la edad cronológica ( días después de la siembra ) o bien en el área foliar ( número de hojas y ancho de hojas ). Solo algunos usan fases específicas del desarrollo ( embuche, antesis, etc. ) para indicar el principio o el final del tratamiento de sequía. (Manjarrez Sandoval 1986)

La sequía es uno de los principales factores limitantes de la producción agrícola del



noreste de México, ya que la mayor parte de la superficie cultivable depende exclusivamente del agua de lluvia; este período crítico se presenta generalmente en forma de cantidades insuficientes y/o mal distribuidas a lo largo de la estación de crecimiento. En el caso del sorgo para grano se estima que el 60 por ciento de las hectáreas cosechadas en el noreste de México (SARH 1982) estuvieron bajo estas condiciones, indicando que la planta sufre deficiencia hídrica en algún período de su ciclo biológico.

Por ser el sorgo forrajero un cultivo que se adapta a las condiciones prevalecientes en la zona norte del estado de Nuevo León y ante la necesidad de maximizar la eficiencia del agua, el objetivo principal de este trabajo fue proporcionar información acerca del efecto de la poliacrilamida en la retención de humedad del suelo y en el rendimiento del cultivo de sorgo forrajero cv. Cowhand.

## **2. OBJETIVOS E HIPOTESIS**

Los objetivos específicos de este trabajo fueron los siguientes:

### **2.1. Objetivos específicos.**

1. Evaluar el efecto de la poliacrilamida sobre la retención de humedad aprovechable de un suelo arcilloso.
2. Evaluar el efecto de la poliacrilamida aplicada al suelo sobre el comportamiento del sorgo forrajero.

### **2.2. Hipótesis.**

Las hipótesis que se plantearon en este trabajo fueron las siguientes:

**Ho 1)** No existe efecto de la poliacrilamida sobre el régimen de retención de humedad del suelo .

**Ho 2)** No existe efecto de la poliacrilamida sobre los componentes del rendimiento del sorgo forrajero.

### **3. REVISION DE LITERATURA**

#### **3.1. Suelos calcáreos.**

Desde el punto de vista de la clasificación pedológica el grupo de suelos calcáreos no existe como tal; sin embargo de acuerdo con Duchaufour (1970) y otros, los suelos derivados de materiales parentales calizos quedan incluidos dentro de los suelos calcimórficos, siendo la denominación "suelos calcáreos," solo un término generalizado.

##### **3.1.1. Características de los suelos calcimórficos.**

Los suelos calcimórficos son suelos intrazonales formados sobre materiales calcáreos o residuos de ciertas rocas básicas como basalto, gneiss y rocas calizas argílicas. Sus propiedades son debidas principalmente a su alto contenido de cal (Bukman 1966; Oakes 1967) Estos suelos poseen un horizonte superficial con reacción alcalina, neutra o a veces ligeramente ácida. Entre los muchos procesos activos que intervienen en la formación de estos suelos, se encuentran predominantemente el proceso de haploidización por perturbación arcillosa lo cual confiere características especiales al perfil (Buol, 1974 citado por Covarrubias, 1977.) En opinión de Duchaufour (1970) esta fuerte neoformación de arcillas esta relacionada con:

- 1) La alternancia de la estación seca prolongada y la estación húmeda.
- 2) La riqueza de cationes alcalino térreos, Ca y Mg.

La profundidad de estos suelos puede variar desde unos 20 cm. hasta más de un metro, con frecuencia carecen de horizontes de lixiviación, son pobres en materia orgánica y generalmente presentan un color grisáceo claro a oscuro. A este grupo de suelos se les han llamado "Rendzinas" y se han encontrado dificultades para asignarlos en los esquemas de clasificación (Aubert 1965 ; Oakes 1967 ).

De acuerdo con algunos investigadores ( Sigmond, 1936, citado por Oakes y Thorp 1967; Duchaufour, 1970), dadas las características y propiedades de estos suelos su productividad es solo de baja a media. No obstante Kalpagé (1976), afirma que se pueden levantar buenos rendimientos si éstos tienen un buen drenaje interno y se manejan cuidadosamente para conservar su fertilidad, pues son suelos fácilmente erosionables, que presentan a menudo problemas de disponibilidad de nutrimentos, a causa de su pH y de su elevada tensión de CO<sub>2</sub> (Corey, 1968; Dachaufor 1970; López 1973).

### **3.2. Resistencia a sequía.**

En términos generales, la resistencia a la sequía de las plantas, se refiere a la habilidad de éstas para permanecer vivas bajo condiciones desfavorables de humedad durante una fase de su ciclo de vida y finalmente completar su desarrollo y producir cosecha ( Muñoz, 1975 ).

La resistencia a la sequía incluye mecanismos de evasión y tolerancia de las plantas. La tolerancia es la habilidad de las células para sobrevivir, o funcionar aunque los tejidos sean desecados, hasta cierto límite. La evasión incluye cualquier mecanismo que permita que los tejidos de las plantas permanezcan con niveles de humedad altos, como son la habilidad para

obtener más agua del suelo y su habilidad para reducir la pérdida de agua, etc. (Maximov 1929).

Vinall y Reed (1918) citados por Wong (1979) indican que las condiciones adversas de humedad afectan características agronómicas como el número de hojas y la tasa de crecimiento.

### **3.2.1. Del cultivo del sorgo.**

Martin (1930) se refiere al sorgo como el "cultivo camello"; este término implica su habilidad para retener agua y concluye que la mayor resistencia a la sequía en el sorgo, es debida a su habilidad para evadir marchitamientos severos y para resistir largas y más severas sequías.

Brown y Shrader (1959) trabajaron con prácticas culturales en sorgo de grano y encontraron que bajo condiciones de sequía extrema, separación amplia entre surcos y baja densidad de plantas, se redujo la producción de materia seca pero se aumentó la eficiencia en el uso del agua.

Sánchez -Díaz y Kramer (1971) indican que aunque el sorgo ha sido considerado como un cultivo resistente a la sequía, las razones para esta aseveración no están bien establecidas.

Blum (1974a) encontró diferencias genotípicas significativas en sorgo por cerca del 20% en la cantidad de humedad extraída del suelo. Este autor también observó en otro estudio variación de la evasión a la deshidratación y ésta resultó asociada principalmente con la elasticidad de la membrana celular, la cual afectó la cantidad de agua perdida antes del completo marchitamiento (Blum, 1974b).

Kramer y Ross (1975) indican que el sorgo constituye el principal cultivo de grano en las regiones semiáridas por ser un cultivo estival y soportar altas temperaturas mejor que otros cultivos.

Blum y Ebercon (1976) concluyeron que la acumulación de prolina libre, en la hojas de plantas de sorgo de grano bajo deficiencias de humedad, está asociada positivamente con la recuperación de las plantas después que la deficiencia de agua termina; la prolina sirve como una fuente de energía respiratoria al recobrase la planta.

### **3.2.2. Del sorgo vs otros cultivos.**

Miller (1916) al comparar maíz y sorgo, encontró que el maíz tiene el doble de área foliar expuesta que el sorgo y un sistema radicular la mitad de eficiente para absorber agua del suelo, juzgado por el número de raíces secundarias.

Miller y Coffman (1918) y Rodríguez(1977) coinciden en que el maíz tiene mayor transpiración por planta que el sorgo debido principalmente a que el sorgo tiene menor área foliar; sin embargo, la transpiración por unidad de área foliar fue mayor en sorgo que en maíz .

Slatyer (1955) menciona que el sorgo tiene un sistema radicular más desarrollado, un control de la transpiración más eficiente y una menor reducción de la turgencia de las hojas que

el algodón y el cacahuate al crecer bajo iguales condiciones. Además, no obstante que la transpiración del sorgo es alta bajo condiciones de humedad adecuada, cuando las plantas se encuentran en condiciones deficientes de humedad la transpiración se reduce rápidamente.

Glover (1959) trabajando con maíz y sorgo encontró que la recuperación del maíz después de una sequía severa depende de la duración de el período de marchitamiento. Los estomas de las plantas expuestas poco tiempo recobran su comportamiento normal, en cambio las plantas expuestas durante períodos más largos sufren daños en los estomas, los cuales no pueden recobrase totalmente dando como resultado estomas parcialmente dañados y por lo tanto, reducción del número de estomas efectivos de las hojas. En sorgo este autor encontró que los estomas permanecen ligeramente abiertos durante todo el día bajo condiciones de deficiencia de humedad; además, una sequía severa, produjo daños irreparables en los estomas del maíz y tuvo menos efecto sobre los estomas del sorgo. Las hojas de las plantas de sorgo después de la sequía, recobraron su turgencia rápidamente y los estomas se recobraron casi por completo.

Blum (1970) encontró que los estomas del maíz son más sensibles que los estomas del sorgo al decrecimiento del potencial hídrico del suelo. El sorgo, al parecer, posee habilidades para mantener una condición relativamente alta de agua en las hojas y una tasa de transpiración superior, al incrementarse la tensión hídrica, en comparación con el maíz.

### **3.3. Poliacrilamida.**

#### **3.3.1. La poliacrilamida como acondicionador del suelo y su efecto en la emergencia de los cultivos.**

Wallace y Wallace ( 1986 ) trabajaron con semillas de tomate, algodón y lechuga en invernadero con diferentes combinaciones de una poliacrilamida y un polisacárido, una parte mezclada al suelo en solución y la otra parte mezclada en seco con el suelo; encontraron que los acondicionadores incrementaron los niveles de emergencia y el peso seco de las plantas, las dosis aplicadas fueron las siguientes: 224, 448 y 673 kg./ha, mezclando a cada uno de estos 56 kg. /ha de polisacárido a excepción del testigo. No hubo diferencia significativa en cuanto a las dosis, ya que se obtuvieron rendimientos similares. Estos resultados fueron similares a aquellos realizados en Krillium por otros autores (Hedrick, y Mowry, 1952; Martin, 1953 citados por Wallace 1986). Aunque los niveles de acondicionadores utilizados en el estudio descrito fueron mucho más pequeños.

Cook y Nelson (1986) investigaron el efecto de la poliacrilamida en la emergencia de la alfalfa sembrada en suelos que tendían a formar costra; la poliacrilamida se aplicó en forma granular y en solución. La emergencia mejoró cuando la poliacrilamida se aplicó en solución; no así cuando fue aplicada en forma granular. La poliacrilamida en solución se mantuvo estable durante siete riegos y redujo la resistencia del penetrómetro. La aplicación de la poliacrilamida en forma de granulo no mantuvo la estabilidad de agregación, ni redujo la resistencia del mismo equipo.

Wallace y Wallace (1986) trabajaron con acondicionadores poliméricos del suelo en la emergencia de tomate. Los experimentos fueron realizados tanto en el laboratorio como en el invernadero con suelos con severos problemas de encostramiento. Algunos nuevos polímeros presentaron un control efectivo de los problemas de encostramiento; especialmente durante el período de la emergencia de la semilla. La razón que se dio para explicar su efectividad fue su alto peso molecular. Los productos probados incluyeron polisacáridos naturales (Galactomannan) de un peso molecular cerca de los 200 Kd, un polímero catiónico con un peso molecular de cerca de 500 Kd y un polímero aniónico con un peso molecular de 5,000 a



12,000 Kd. En los suelos que no fueron tratados con estos polímeros se presentó poca emergencia en la semilla. En general los resultados más favorables vienen de las pruebas con polímeros aniónicos siguiéndole el polímero catiónico.

Wallace y Wallace; AbouZamzam y Cha (1986) probaron 5 diferentes tipos de suelos para determinar niveles de aplicación de polímeros como acondicionadores. Estas pruebas fueron:

- 1.- La determinación de niveles de polímeros para flocular los suelos en pruebas con tubos de ensaye.
- 2.- Filtrado y secado con aire en los agregados de los tubos.
- 3.- Prueba de un rango de concentración de polímeros para determinar los niveles de humedad que preservan los agregados en el suelo.
- 4.- Prueba con pequeñas muestras de suelo con polímeros para las pruebas de penetración de agua.
- 5.- Control de la humedad del suelo en suelos tratados con polímeros en suspensión .

Todas las pruebas relacionadas a la aplicación de polímeros en el agua de riego incrementaron la eficiencia para mejorar la distribución espacial a través de la estructura del suelo.

Wallace, AbouZamzam y Cha (1986) trabajaron con la interrelación de una poliacrilamida y un polisacárido como acondicionadores. Usaron almácigos de tomate con dos diferentes tipos de suelo. La máxima respuesta fue para la poliacrilamida, sin respuesta adicional del polisacárido.

Terry y Nelson (1986) estudiaron el efecto de diferentes métodos de irrigación y adiciones de la poliacrilamida sobre las propiedades físicas del suelo. La poliacrilamida se aplicó a un suelo arcilloso a razón de 650 kg./ha. Los tratamientos (parcelas tratadas) se regaron por gravedad 5 cm. por semana y las parcelas no tratadas se regaron con aspersores. La presencia de costra en la superficie del suelo en los tratamientos con riego por gravedad, presentó menos resistencia al penetrómetro que con los tratamientos de la poliacrilamida con aspersores. Los niveles de infiltración de la poliacrilamida y de los tratamientos con aspersores fueron mayores a los de los tratamientos con riego controlado.

Mitchell (1986) investigó la aplicación de la poliacrilamida puesta en surcos en el establecimiento del algodón, regado en exceso para habilitar una mejoría en la infiltración de un terreno arcilloso. La aplicación de la poliacrilamida fue más efectiva con una solución diluida en el agua de riego que cuando se aplicó en polvo seco en la superficie del suelo. El total de agua infiltrada no aumentó por la aplicación de la poliacrilamida, indicando que la superficie del suelo sellado no es un factor limitante en la permeabilidad de los suelos con grandes fracciones de agregados de arcilla.

### **3.3.2. La poliacrilamida y su efecto en el rendimiento de los cultivos.**

Wallace y AbouZamzam (1986) estudiaron en tomate la interrelación de los acondicionadores del suelo y la aplicación de fertilizantes. Los factores limitantes, deficiencia de N, P se mejoraron. La respuesta mínima a un acondicionador del suelo fue sin N y P, y se obtuvo una mejor respuesta cuando el N y el P se aplicaron. Los resultados enfatizan que el mejor sistema de manejo de cultivos incluye a la mayor cantidad de factores limitantes como sea posible, esta es la clave para una gran producción en la agricultura.

Wallace y Wallace (1986) probaron el efecto de las aplicaciones en el suelo en combinaciones con superficies orgánicas y una poliacrilamida aniónica combinados e individualmente para ver su efecto en la emergencia y crecimiento de tomate y trigo. Las interrelaciones se presentaron y algunas se aumentaron y fueron sinérgicas, como la de materia orgánica superficial y la poliacrilamida.

En una prueba, con una superficie orgánica alta en nitrógeno(6 %) se presentó una interrelación negativa en el crecimiento de las plantas de tomate entre la poliacrilamida y la superficie orgánica. En otra prueba, Wallace y Wallace (1986) aplicaron poliacrilamida al suelo en solución con abono compuesto, la interrelación de crecimiento en almácigos de tomate fue positiva; la respuesta máxima para tomate en suelos bajos en materia orgánica con poliacrilamida fue de 224 kg./ha y, con los más altos niveles de aplicación de poliacrilamida y la materia orgánica los rendimientos fueron de 448 kg./ha y 1120 kg. /ha respectivamente. La correlación de los efectos de la poliacrilamida vs compuestos orgánicos sobre el crecimiento de plantas varió de acuerdo a las características del suelo.

### **3.3.3. La poliacrilamida y su efecto en el control de la erosión.**

Wallace y Wallace (1986) investigaron el control de la erosión del suelo con acondicionadores poliméricos. La poliacrilamida se usó en la formación de la relación de agregados-agua en el suelo; éstos no solo presentaron un efecto favorable en la infiltración del agua en el suelo sino que también disminuyeron la erodabilidad de éste. Para estabilizar el suelo los polímeros se mezclaron y posteriormente se humedecieron. En cinco situaciones diferentes los polímeros pudieron reducir la erosión del suelo. La primera incluyó la aplicación al suelo a 3 centímetros de profundidad para mejorar la penetración; presentando un menor escurrimiento del agua y baja erosión. La segunda situación incluyó la aplicación a 5 cm. de profundidad para crear una relación de agregados-agua que resistiera la erosión. La tercera

situación incluyó polímeros asperjados en soluciones con aplicaciones a la materia seca le siguió un humedecimiento de la superficie del suelo en donde después del secado de la superficie del suelo no facilitó el rompimiento de este durante la época de lluvia. La cuarta situación incluyó la aplicación de la poliacrilamida junto con el riego para reducir la erosión del suelo particularmente en surcos, esto evito la erosión hídrica. La quinta situación incluyó la aplicación del polímero en forma dirigida en surcos y en campos de juegos, debido a que permitían una reducción de la erosión del suelo ocasionado por la erosión eólica. Los niveles de polímeros que inhibieron la erosión fueron mucho más bajos que los niveles usados con Krillium hace más de 30 años.(Hedrik y Mowry, 1952 citados por Wallace 1986)

## **4. MATERIALES Y METODOS**

### **4.1. Descripción de la zona de estudio.**

#### **4.1.1. Localización geográfica .**

El presente trabajo se realizó en el ciclo Primavera verano de 1992, en el campo Experimental de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León, localizado el municipio de Marín N.L., cuyas coordenadas geográficas son 25° 57' de latitud norte, 100° 03' longitud oeste del meridiano de Greenwich, y con una altitud de 367.3 msnm.

#### **4.1.2. Clima**

El clima en el área es árido, tipo BS1 (h')hx' (e') de acuerdo al sistema de clasificación de Koppen , por García (1973). La precipitación varía de 300 a 600 mm. anuales en promedio, la máxima se registra durante el mes de Septiembre y varía de 110 a 120 mm. ; en el mes de Marzo se registra la mínima que varía de 10 a 15 mm. La temperatura media es superior a los 22°C mientras que la temperatura media mensual durante el periodo de Mayo a Agosto es de 33 a 35°C para los meses de Diciembre y Enero es de de 10 a 15°C.

En el Cuadro 1 se muestra la precipitación y temperatura media mensual reportada durante el desarrollo del experimento

**Cuadro 1.** Precipitación (mm.) y temperatura mensual (°C) registradas durante el desarrollo del experimento .

Año 1992	Abril	Mayo	Junio	Julio
Precipitación mensual	13.40	84.50	17.10	3.00
Temperatura mensual	22.70	23.00	31.40	30.00

Fuente: Estación Experimental, FAUANL.

#### **4.2 Muestreo del suelo.**

Anterior a la siembra, se realizó un muestreo al azar del suelo (0-30 cm.), las muestras colectadas se secaron al aire se homogenizaron y se llenaron las bolsas de plástico; las muestras fueron analizadas en el laboratorio de suelos agua y plantas de la FAUANL.

En el Cuadro 2 se describen las determinaciones y metodologías empleadas en el análisis de suelos, así como los métodos analíticos empleados.

Previo al establecimiento de los tratamientos en cada unidad experimental se determinó el contenido de humedad en el suelo con la finalidad de agregar la humedad suficiente para alcanzar el nivel deseado.

011672

**Cuadro 2.** Determinaciones y metodologías empleadas en el análisis físico-químico del suelo.

Determinación	Metodología	Referencia
pH rel. suelo:agua 1:2	Potenciómetro	Peech, 1965
Sales solubles 1:5	Puente de Wheatstone	Richars, 1949
Materia orgánica	Walkley y Black	Walkley, 1947
Textura	Hidrómetro de Bouyoucos	Bouyoucos
Color	Escala de Munsell	
CC y PMP	Ec, de Predicción	Guzman 1981

#### 4.3. Diseño experimental.

El diseño experimental empleado fue el Completamente al Azar con arreglo factorial, como unidades experimentales se emplearon bolsas de polietileno con 6.5 kg. de suelo.

Se probaron cuatro dosis de Poliacrilamida 0, 0.05, 0.1 y 0.2 % de peso seco del suelo; y dos niveles de humedad: 50 % de humedad aprovechable y PMP . La combinación de estos factores y niveles formó ocho tratamientos. Estos tratamientos se probaron en cinco repeticiones.

#### **4.4 Siembra**

La siembra se realizó el día 7 de abril, ésta se efectuó a mano colocando diez semillas por unidad experimental. La semilla utilizada fue la variedad americana de sorgo forrajero Cowhand (pata de vaca) con una germinación del 85 %.

#### **4.5 Riegos**

El riego se aplicó cuando se consumía el 50 por ciento de humedad aprovechable o se llegaba a PMP. Estas observaciones se realizaron de acuerdo a la pérdida de peso de las unidades experimentales; como no todas las bolsas llegaban al mismo tiempo a esa condición, se tomó el valor promedio para dar los riegos subsecuentes. Este procedimiento se repitió durante 100 días, dando 13 riegos en total, en el caso del 50 % de humedad aprovechable y 7 riegos en el de PMP.

#### **4.6 Fertilización:**

Se aplicó la formula 100-90 100 kg. de N y 90 kg. de  $P_2O_5$  como fertilizante liquido a todos los tratamientos. La cantidad fue en base a la formula fertilizante (05-30-00-05) preparada a base de Urea, ácido fosfórico y ácido sulfúrico.



## 5. RESULTADOS Y DISCUSION

Los resultados de la evaluación del efecto de la poliacrilamida sobre el rendimiento del sorgo forrajero se presentan para cada parte de la planta, éstos se dividieron tanto para el rendimiento de materia verde como para el rendimiento de materia seca en : hojas, tallos y raíz.

### 5.1.Rendimiento de Materia Verde ( RMV ).

#### 5.1.1 Hojas (RMV)

Los resultados obtenidos de rendimiento materia verde en hojas se encuentran en el Cuadro 1A; estos se sometieron al análisis de varianza (Cuadro 2A) encontrando diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) para las diferentes dosis de la poliacrilamida. No se encontró diferencia para los niveles de humedad del suelo, ni para la interacción de estos dos factores ( $P > 0.05$ ). La comparación de medias se muestra en el Cuadro 3.

**Cuadro 3.** Comparación de medias del efecto de la poliacrilamida sobre el rendimiento de materia verde en hojas.(g/maceta)

DOSIS DEL PRODUCTO EN % DE PESO SECO	MEDIA
0.00	25.3750 A
0.20	24.1500 AB
0.05	21.6900 AB
0.10	20.5200 B

Tukey= 4.2874

$\alpha = 0.05$

C. V. = 15.434 %

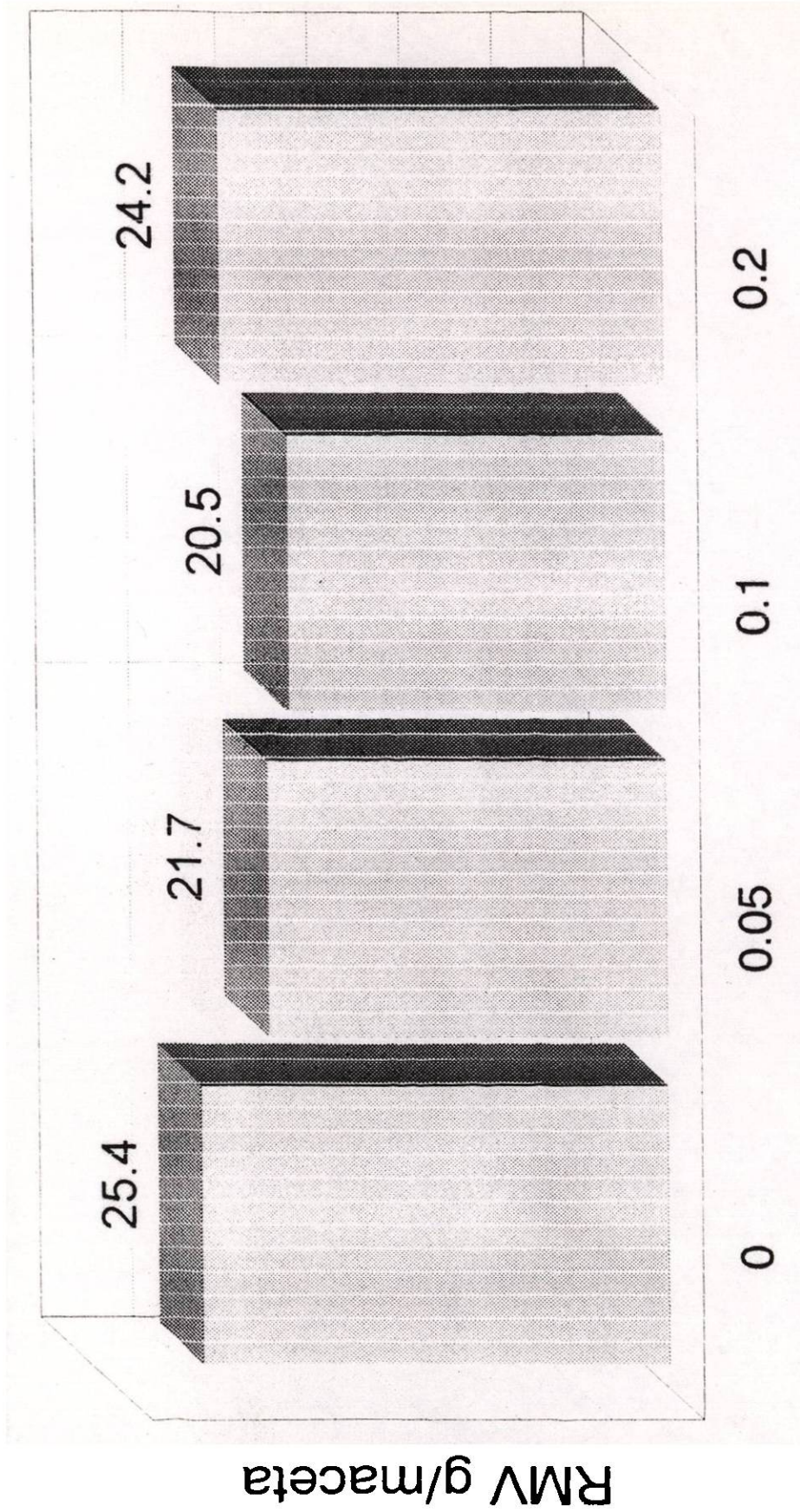
Se encontró diferencia significativa en las dosis aplicadas de la poliacrilamida. El mayor rendimiento de materia verde en hojas se presentó cuando se mezcló 0.2% de ésta en base al porcentaje de peso seco del suelo; el menor rendimiento en la producción de materia verde se presentó cuando la dosis fue de 0.1%; con la dosis de 0.05 % se presentaron valores intermedios.

Se encontró que cuando no se aplicó la poliacrilamida el rendimiento fue mayor. Tal parece que al aplicar dosis medias de poliacrilamida (figura 1) al suelo el rendimiento de materia verde disminuye; al observar la tendencia de las diferentes dosis en los niveles de humedad (CC y PMP) se observa que a CC el rendimiento aumenta; a PMP el rendimiento disminuye al aplicar baja cantidad de poliacrilamida (0.1% y 0.05% ) y al aplicar dosis mayores a estos 0.2% tiende a incrementarse el rendimiento.

Esto puede ser debido a que a bajos niveles de humedad (PMP) la poliacrilamida absorbe la humedad que se encuentra en el suelo; limitando así la baja disponibilidad del agua para las plantas, ocasionando menor rendimiento de materia verde de la hoja. Cuando la dosis fue del 0.2%, la humedad en el suelo es mayor, por lo tanto habrá más disponibilidad de agua para la planta y como consecuencia mayor rendimiento. En altos niveles de humedad (CC) la poliacrilamida absorbe la humedad en el suelo y también queda disponible para la planta; esto ocasionó mayor rendimiento de materia verde de la hoja. Wallace y Wallace (1986) encontraron que al aplicar mayores cantidades de poliacrilamida el rendimiento de los cultivos aumenta.

### **5.1.2. Tallo (RMV)**

Los resultados obtenidos del rendimiento de materia verde en tallo se encuentran en el Cuadro 3A; estos resultados se sometieron al análisis de varianza (Cuadro 4A) y muestran



Dosis de Poliacrilamida (% de peso seco)

FIGURA 1. Efecto de las dosis de poliacrilamida sobre el Rendimiento de Materia Verde en hoja.

diferencia significativa ( $P < 0.05$ ) para los niveles de humedad en el suelo; no se encontró diferencia significativa ( $P > 0.05$ ) para las diferentes dosis de la poliacrilamida aplicada ni para la interacción de estos dos factores. La comparación de medias (Tukey) se presenta en el Cuadro 4.

**Cuadro 4.** Comparación de medias del efecto de la poliacrilamida sobre el rendimiento de materia verde en tallo.(g/maceta)

NIVELES DE HUMEDAD	MEDIA
CC	45.3100 A
PMP	32.4950 B

Tukey= 6.1678

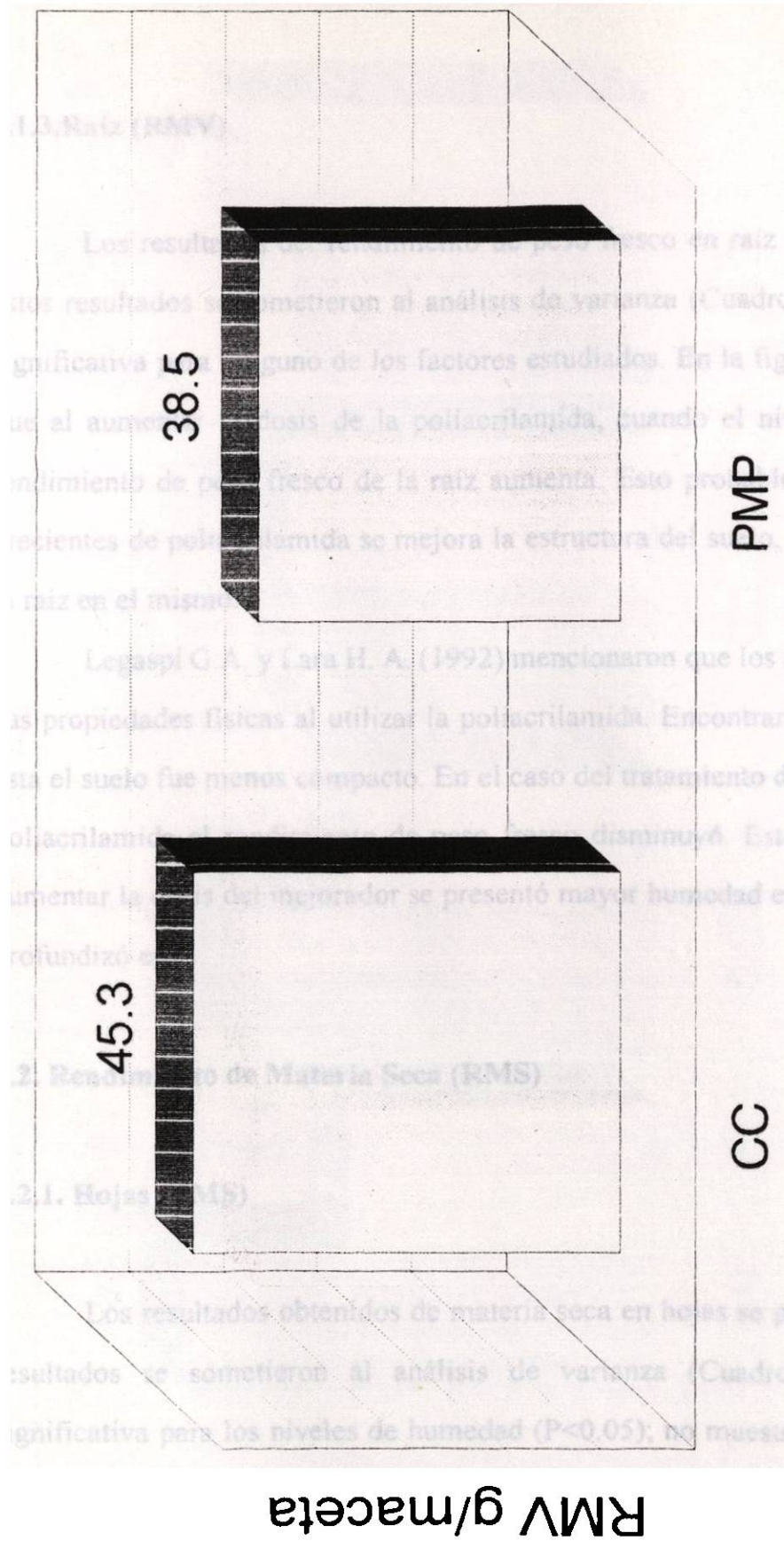
$\alpha=0.05$

C.V.= 22.825006 %

Como se observa la mayor producción de materia verde en tallo se presentó con el nivel de humedad a CC y el menor rendimiento a PMP. A CC la planta fue más efectiva en la producción de materia verde en tallo con un porcentaje de 6.82 mayor con respecto al tratamiento de PMP (figura 2). El agua es un constituyente muy importante a nivel celular, ya que es el medio general de imbibición; además es el líquido en el cual se efectúan todas las reacciones del metabolismo; circula por los vasos conductores constituyendo con los materiales en solución la savia bruta y elaborada, también es el líquido responsable de la turgencia de todas las células, por lo tanto da el porte erecto de los vegetales aéreos no leñosos. Paul Mazliak (1976).

Conforme aumenta el estrés hídrico tiene como resultado una reducción drástica de la fotosíntesis y la perturbación de otros muchos procesos fisiológicos, cese de crecimiento y finalmente la muerte por desecación. Paul J Kramer (1974).





### Niveles de humedad

Figura 2. Efecto de los niveles de humedad sobre el Rendimiento en Materia Verde en tallo

### **5.1.3. Raíz (RMV)**

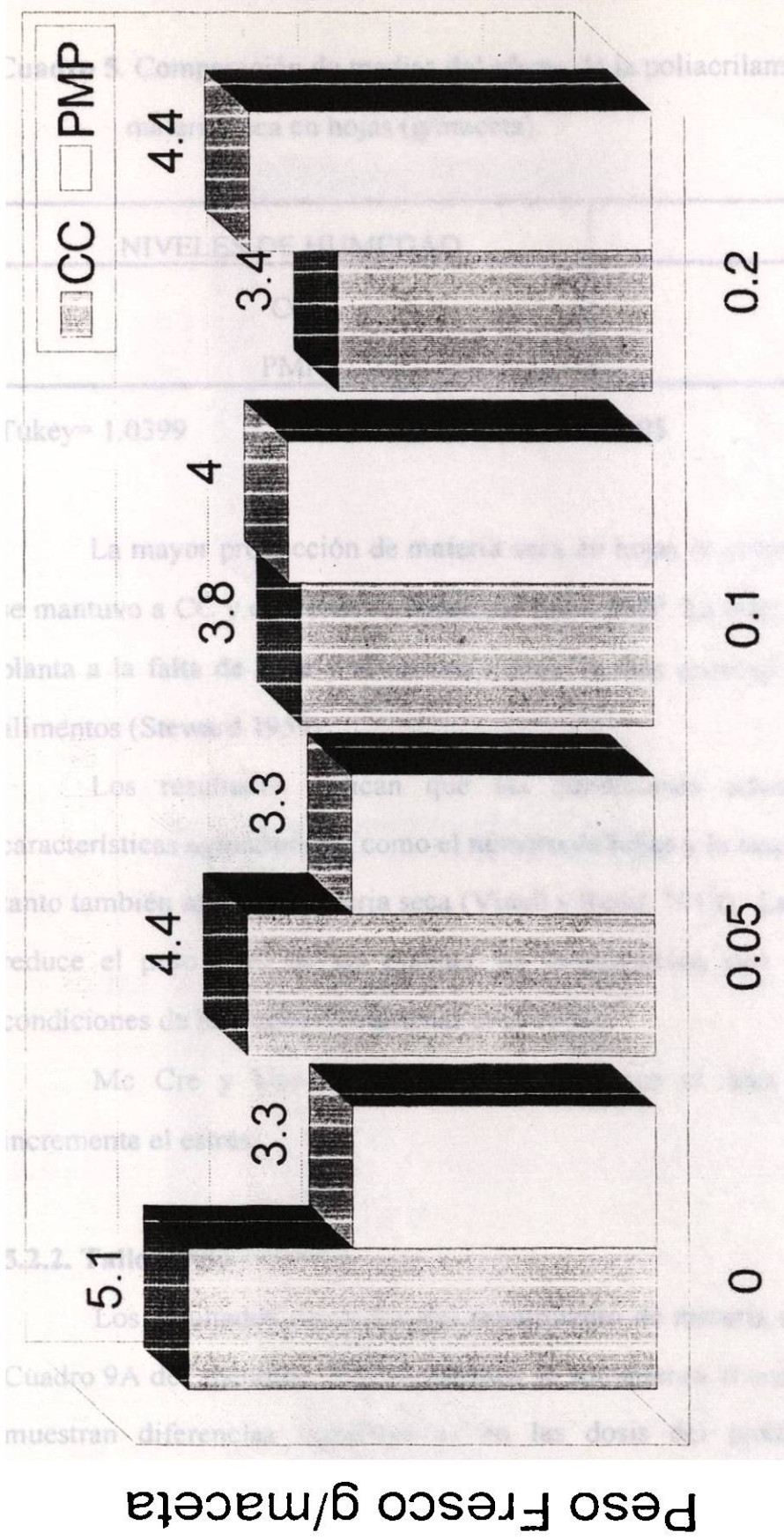
Los resultados del rendimiento de peso fresco en raíz se encuentran en el Cuadro 5A; estos resultados se sometieron al análisis de varianza (Cuadro 6A), no se encontró diferencia significativa para ninguno de los factores estudiados. En la figura 3 se observa la tendencia de que al aumentar la dosis de la poliacrilamida, cuando el nivel de humedad es de PMP, el rendimiento de peso fresco de la raíz aumenta. Esto probablemente se deba a que con dosis crecientes de poliacrilamida se mejora la estructura del suelo, lo que facilita la penetración de la raíz en el mismo.

Legaspi G.A. y Lara H. A. (1992) mencionaron que los suelos mejoran substancialmente sus propiedades físicas al utilizar la poliacrilamida. Encontrando que a mayores cantidades de ésta el suelo fue menos compacto. En el caso del tratamiento de CC, al aumentar los niveles de poliacrilamida el rendimiento de peso fresco disminuyó. Esto se debe presuntamente que al aumentar la dosis del mejorador se presentó mayor humedad en el suelo, por lo tanto la raíz no profundizó en él.

## **5.2. Rendimiento de Materia Seca (RMS)**

### **5.2.1. Hojas (RMS)**

Los resultados obtenidos de materia seca en hojas se presentan en el Cuadro 7A; estos resultados se sometieron al análisis de varianza (Cuadro 8A) y muestran diferencia significativa para los niveles de humedad ( $P < 0.05$ ); no muestran diferencia para las diferentes dosis de la poliacrilamida aplicada al suelo; ni para la interacción de estos dos factores ( $P > 0.05$ ). La comparación de medias (Tukey) se presenta en el Cuadro 5.



Dosis de Poliacrilamida (% peso seco)

Figura 3. Efecto de las interacciones de las dosis y niveles de humedad en el peso fresco en raíz

**Cuadro 5.** Comparación de medias del efecto de la poliacrilamida sobre el rendimiento de materia seca en hojas (g/maceta).

NIVELES DE HUMEDAD	MEDIA
CC	11.7625 A
PMP	10.4850 B

Tukey= 1.0399

$\alpha= 0.05$

C.V.= 14.496 %

La mayor producción de materia seca en hojas se presentó cuando el nivel de humedad se mantuvo a CC y el menor rendimiento fue a PMP. La hoja es la parte más susceptible de la planta a la falta de agua y al mismo tiempo la más esencial en el proceso de fabricación de alimentos (Steward 1959).

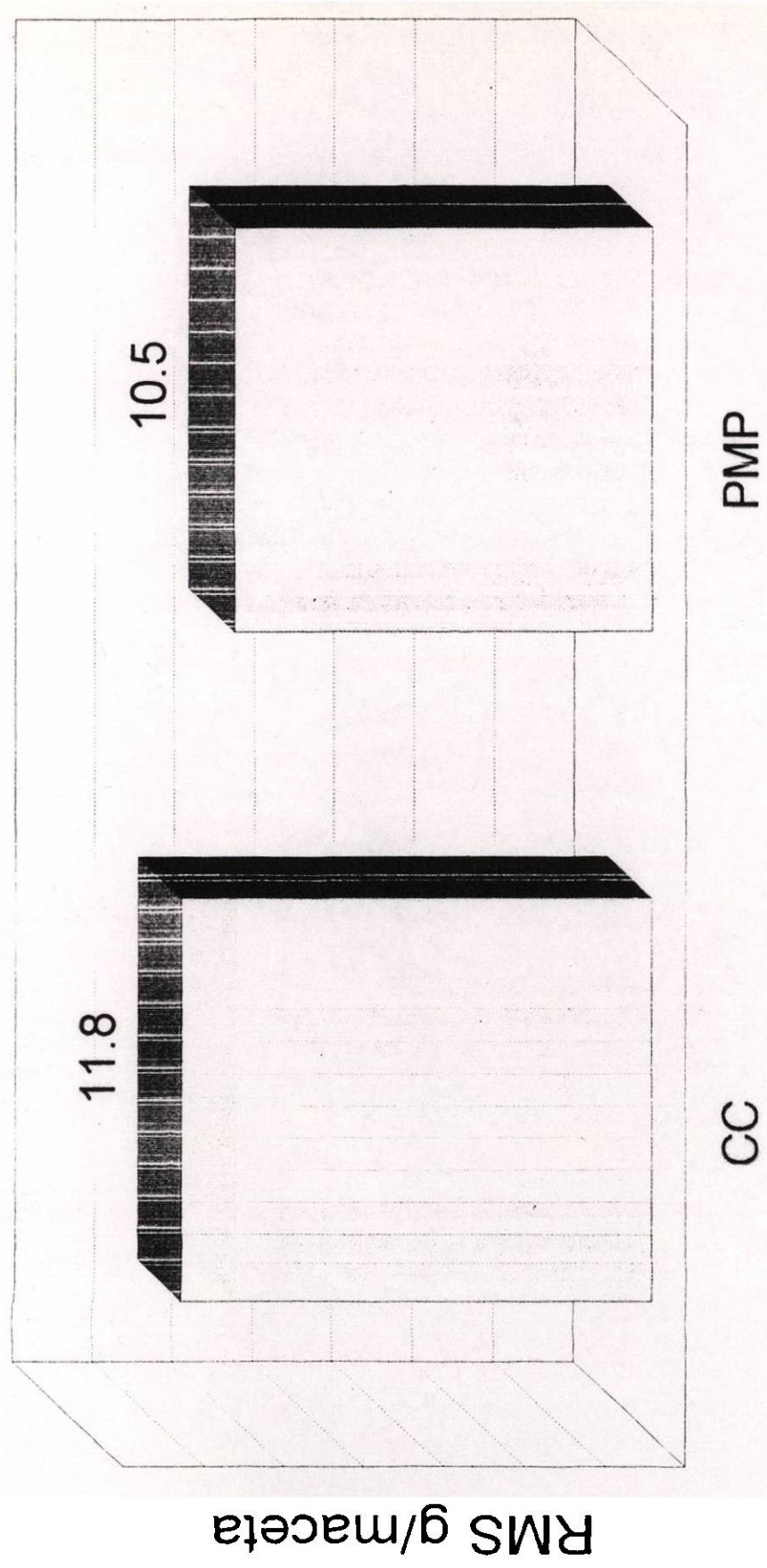
Los resultados indican que las condiciones adversas de humedad afectan las características agronómicas, como el número de hojas y la tasa de crecimiento (figura 4), por lo tanto también afecta la materia seca (Vinall y Reed, 1918). La escasez de humedad en el suelo reduce el peso seco de las plantas; en comparación con aquellas mantenidas en buenas condiciones de humedad (Sivakumar et al 1979).

Mc Cre y Davis (1974) encontraron que el área foliar disminuye conforme se incrementa el estrés.

### 5.2.2. Tallo (RMS)

Los resultados obtenidos del rendimiento de materia seca en tallo se encuentran en el Cuadro 9A del apéndice; estos resultados se sometieron al análisis de varianza (Cuadro 10A) y muestran diferencias significativas en las dosis del producto ( $P<0.05$ ); no se encontró diferencia para los niveles humedad; ni para la interacción de estos ( $P>0.05$ ). La comparación de medias de (Tukey) se muestra en el Cuadro 6.





Niveles de humedad

Figura 4. Efecto de los niveles de humedad sobre el Rendimiento de Materia Seca en hoja

**Cuadro 6.** Comparación de medias del efecto de la poliacrilamida en el rendimiento de materia seca en tallo (g/maceta).

DOSIS DEL PRODUCTO EN % DE PESO SECO	MEDIA
0.10	14.3850 A
0.05	14.2800 AB
0.20	11.5850 BC
0.00	10.2600 C

Tukey= 2.7587

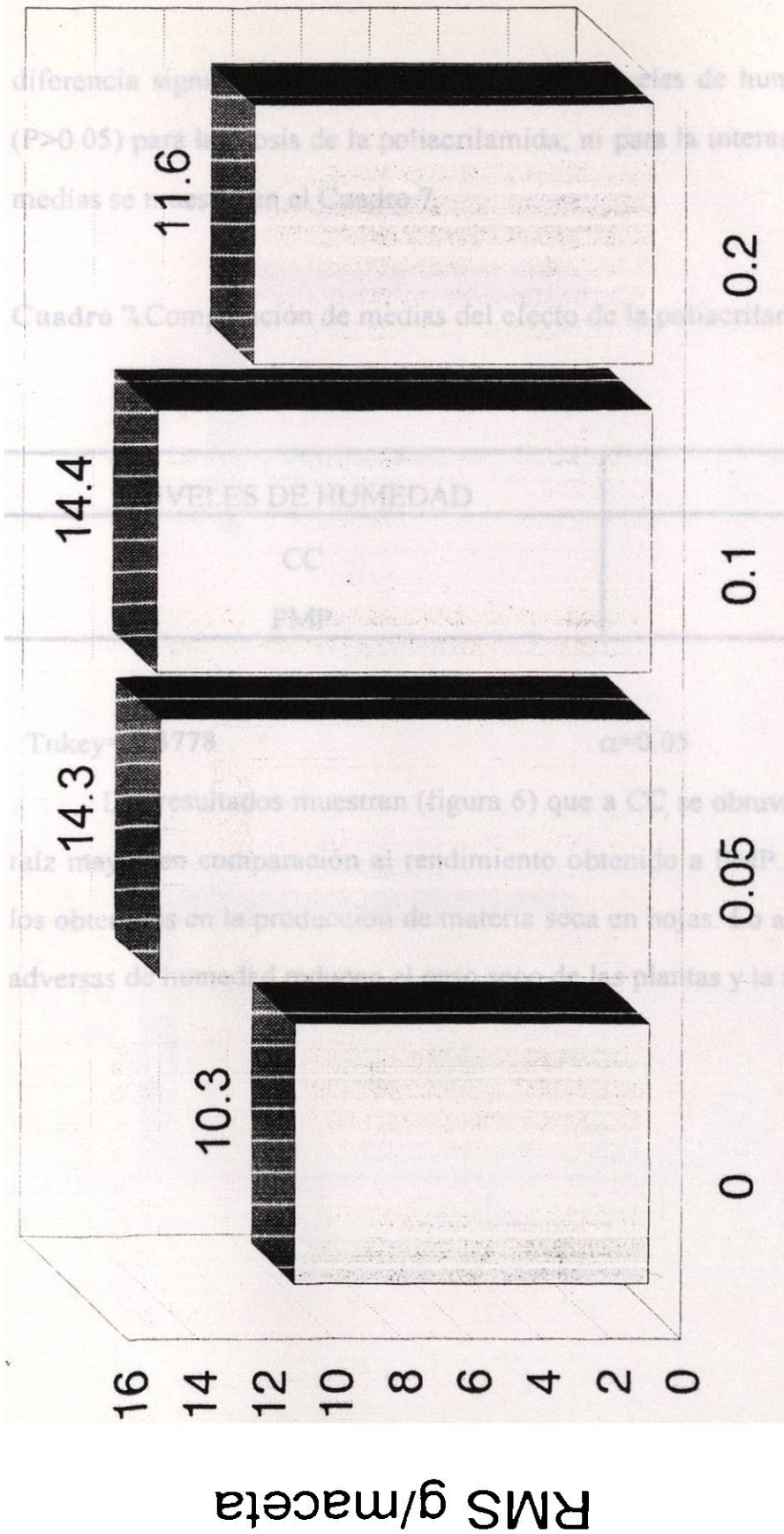
$\alpha= 0.05$

C.V.= 18.037975 %

El mejor tratamiento con respecto al testigo fue la dosis de 0.10 % de peso seco del producto siguiéndole el 0.05 % no se encontró diferencia significativa entre éstos. En la figura 5 se observa la tendencia de que a niveles intermedios de la poliacrilamida hay un mayor rendimiento de materia seca del tallo. Esto probablemente se deba que al incrementar la dosis del producto facilita la penetración de la raíz ya que el acondicionador mejora la estructura del suelo y la raíz profundizará más encontrando mayor cantidad de nutrientes en él. En el caso del tratamiento 0.20 % de peso seco, se observó la tendencia a disminuir el rendimiento de materia seca. Esto se explicó en base a que la dosis aplicada de poliacrilamida fue mayor, de esta forma se presentó mayor humedad en el suelo y por lo tanto la raíz no profundizó en mayor grado.

### 5.2.3. Raíz (RMS)

Los resultados obtenidos de rendimiento de peso seco en raíz se encuentran en el Cuadro 11A; estos resultados se sometieron al análisis de varianza (Cuadro 12A) y muestran



Dosis de Poliacrilamida (% peso seco)

Figura 5. Efecto de las dosis de Poliacrilamida sobre el Rendimiento de Materia Seca en tallo

diferencia significativa ( $P < 0.05$ ) para los niveles de humedad; no se encontró diferencia ( $P > 0.05$ ) para las dosis de la poliacrilamida; ni para la interacción de éstos. La comparación de medias se muestra en el Cuadro 7.

**Cuadro 7.** Comparación de medias del efecto de la poliacrilamida en el rendimiento de peso seco en raíz.(g/maceta).

NIVELES DE HUMEDAD	MEDIA
CC	2.7 A
PMP	2.5 B

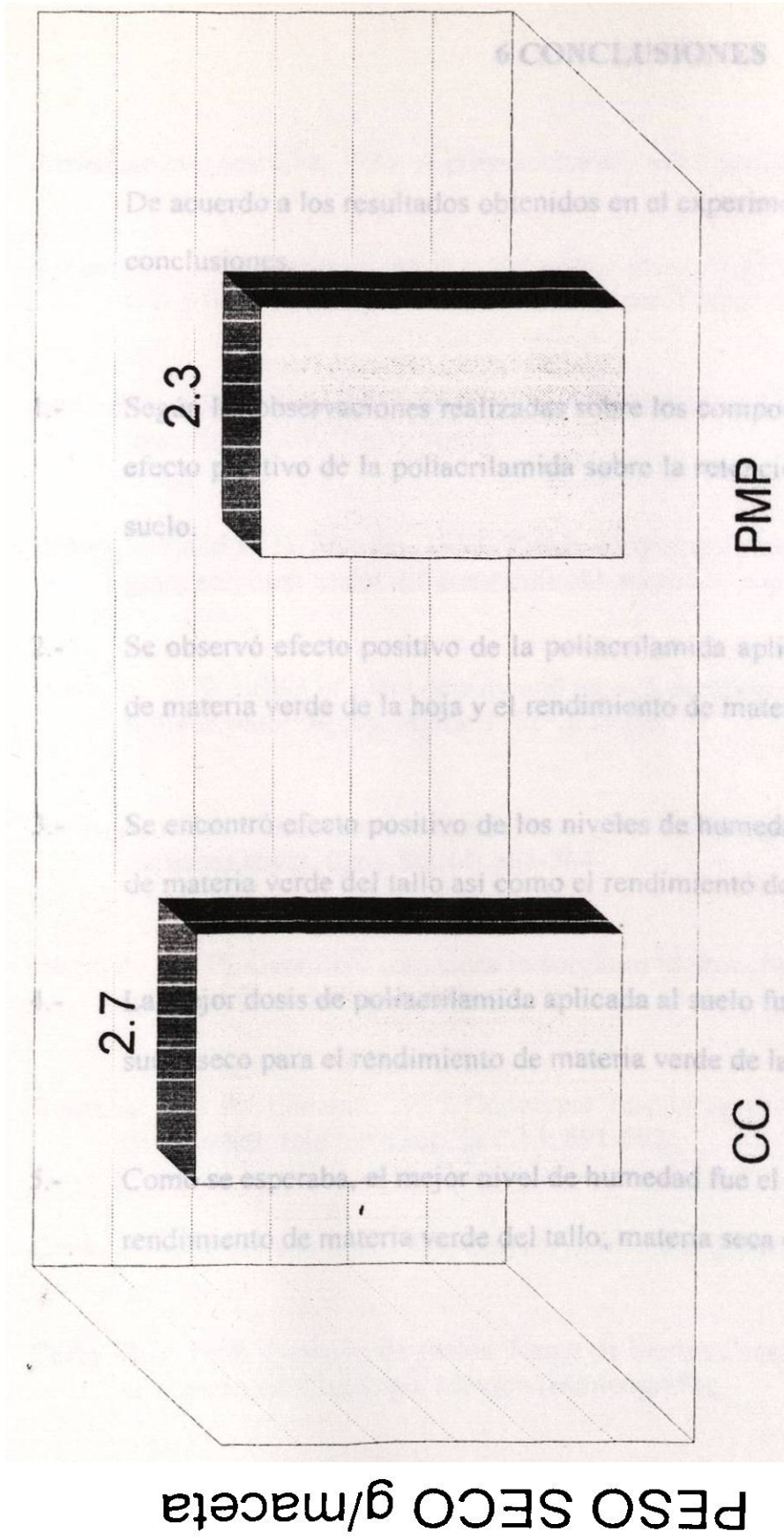
Tukey= 0.3778

$\alpha=0.05$

C.V.= 23.386038 %

Los resultados muestran (figura 6) que a CC se obtuvo un rendimiento de peso seco en raíz mayor en comparación al rendimiento obtenido a PMP. Estos resultados concuerdan con los obtenidos en la producción de materia seca en hojas. Lo anterior indica que las condiciones adversas de humedad reducen el peso seco de las plantas y la tasa de crecimiento.





### Niveles de humedad

Figura 6. Efecto de los niveles de humedad sobre el peso seco en raíz

## 6 CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos en el experimento se llegó a las siguientes conclusiones.

- 1.- Según las observaciones realizadas sobre los componentes del rendimiento se encontró efecto positivo de la poliacrilamida sobre la retención de humedad aprovechable en el suelo.
- 2.- Se observó efecto positivo de la poliacrilamida aplicada al suelo sobre el rendimiento de materia verde de la hoja y el rendimiento de materia seca del tallo.
- 3.- Se encontró efecto positivo de los niveles de humedad en el suelo sobre el rendimiento de materia verde del tallo así como el rendimiento de materia seca de la hoja y raíz.
- 4.- La mejor dosis de poliacrilamida aplicada al suelo fue la de 0.05 % en base al peso del suelo seco para el rendimiento de materia verde de la hoja y de materia seca del tallo,
- 5.- Como se esperaba, el mejor nivel de humedad fue el de Capacidad de Campo para el rendimiento de materia verde del tallo; materia seca en hoja y peso seco de la raíz.

## 7 . BIBLIOGRAFIA

- AbouZamzam and Cha. 1986. A polysaccharide soil Conditioner. Soil Science 141: 371.
- Aubert, G. 1965. La classification pedologique utilisee en France. Symposium International Classification de soils. Pedologie No. Spec 3 Societe Belge de Pedologie.
- Boul, S.W. F.D. Hole and R.J. Mc Creaken. 1974. Soils genesis and classification 3rd. ed. the Iowa State Univ. Press. Amcs.
- Brown, L.P.and W.D. Shrader. 1959. Yields, evapotranspiration and water use efficiency of grain sorghum under different cultural practices. Agron. J. 51: 339-343.
- Blum, A. 1970. Effect of plant density and growth duration of grain sorghum yield under limited water supply. Agron.J. 62: 333-336.
- Blum, A. 1974a. Genotypic responses in sorghum to driugth stress I. Response to soil moisture stress. Crop Sci 14: 361-364.
- Blum, A. 1974b. Genotypic responses in sorghum to drought stress II. Leaf tissue water relation. Crop Sci.14: 691-692.
- Blum, A. and A. Ebercon. 1976. Genotypic responses in sorghum to drought stress III. tissue water relation Crop Sci. 14: 691-692.
- Cook, D.F. and Nelson S.D. 1986. Polyacrylamides and infiltration. Soil Science 141: 328.
- Corey, R.B. 1968. Química de suelos. Rama de Suelos Colegio de Postgraduados. Trad. por G. Cervantes. Chapingo, México (mimeografo).
- Duchaufour, P.1970. Precis de 13a edición. Masson et. Cie, edit Paris.
- García, E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación de Köppen para adaptarla a las condiciones de la República Mexicana. 2ª edición. México, UNAM. pp. 7-15.

- García, Z. A. 1992. Comportamiento por rendimiento, componentes y calidad de híbridos interespecíficos (*Sorghum bicolor* L. Moench. x *Sorghum sudanense* L.) experimentales y un testigo comercial. Marín N.L. verano de 1990. Tesis profesional FAUANL 81 p.
- Glover, J 1959. The apparent behavior of maize and sorghum during and after drought. J. Agr. Rev 53: 412-416.
- Kalpagé, F.S.C.P. 1976. Tropical soils, classification, fertility and management. Edición revisada. The Mac Millan Co. of India Ltd.
- Kramer, N.W. y W.M. Ross. 1975. Cultivo del sorgo granífero en los Estados Unidos. Producción y usos del sorgo, Ed. Hemisferio Sur S.R.L.
- Kramer, P. 1974. Relaciones hídricas de Suelo y plantas. México , Ed Edutex pp 98-99.
- Legaspi, G. y Lara, A. 1992. Dinámica de las propiedades del suelo bajo la aplicación de diferentes dosis de poliacrilamida. Memoria del XXV Congreso Nacional de las Ciencias del Suelo.
- Lopez, M. de A. L. 1973. Adsorción Fosfórica en bentonita caolinita,  $\text{CaCO}_3$   $\text{Fe}(\text{OH})_3$ . en: memoria del III congreso Nacional de la ciencia del Suelo.
- Manjarrez, S.P. 1986. Respuesta de dos sorgos tolerantes al frío a deficiencias hídricas en diferentes etapas fenológicas. Tesis Colegio de Postgraduados Chapingo, Mexico.
- Martin, H.H. 1930. The comparative drought resistance of sorghum and corn. J. Am. Soc. Agron. 22:993-1003.
- Maximov, N.A. 1929. Plant in relation to water. George Allen y Unwin, LTD Londres.
- Mazliak, P. 1976. Fisiología vegetal; nutrición y metabolismo. Tr. José Andres Cañadell Barcelona; Ed. Omega pp 66-70.



- Miller, E.C. 1916. Comparative study of the root system and leaf areas of corn and the sorghum. *J. Agr.* 6:311-331.
- Miller, E.C. and W. B. Coffman. 1918. Comparative transpiration of corn and the sorghum *J. Agr. Rev.* 13: 579-604.
- Muñoz, O. A. 1972. Estudio preliminar sobre el método de selección para resistencia a sequía de maíz. Tesis M.C. Colegio de Postgraduados, Chapingo, Mexico.
- Oakes, H. and J. Thorp 1967. Dark-Cly soils of warm regions variously called Redzina Black, cotton soils Regur and tirs In: *Selected Papers in Soil Formation and Classification*. SSSAP Special Publication No.1
- Rodriguez, O, J.L. 1977. Relación entre transpiración, anatomía, morfología y marchitez de hoja de maíz y sorgo. Tesis M.C. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México.
- SARH, DGA 1982. Información agropecuaria. Datos preliminares. México D.F.
- Slatyer, R.O. 1955. Studies of the water relations of crop plants and grown under natural rainfall in northern Australia *Aust. J. Agr. Rev.* 6: 365-377.
- Wallace, A. and AbouZamzam A.M. 1986. Interactions of soil conditioner. *Soil Science* 141: 343.
- Wallace, A. AbouZamzam A.M. and Cha J.W. 1986. Polyacrylamide and Polysaccharide Interactions. *Soil Science* 141: 374.
- Wallace, A. Wallace, G.A. and AbouZamzam A.M. 1986. Excess soil conditioners. *Soil Science* 141: 377.
- Wallace, A.; Wallace, G.A. and AbouZamzam, A.M. 1986. Soil Conditioners and water Relationships. *Soil Science* 141: 346.

- Wallace, A. and Wallace, G.A. 1986. Soil Conditioners and growth of seedlings. *Soil Science Rev.* 141:313.
- Wallace, A. and Wallace, G.A. 1986. Polymers and Tomato Emergence *Soil Science Rev* 141: 321.
- Wallace, A. and Wallace, G.A. 1986. Low Rates of soil physical properties *Soil Science* 141: 324.
- Wallace, A. and Wallace, G.A. 1986. Polymer and Organic Matter Synergism. *Soil Science* 141: 334.
- Wallace, A. and Wallace, G.A. 1986. Erosion control by polymers. *Soil Science* 141: 363.
- Wallace, A. and Wallace, G.A. 1986. Flocculation of Soil with Polymers. *Soil Science* 141: 397.

## 8 . APENDICE

**Cuadro 1A.** Efecto de la Poliacrilamida sobre el rendimiento de materia verde en hoja (g/maceta).

TRATAMIENTOS		REPETICIONES				
A	B	1	2	3	4	5
1	1	29.90	22.50	24.00	23.10	21.85
1	2	22.20	22.10	20.20	21.10	19.00
1	3	25.40	23.60	18.00	21.80	20.30
1	4	31.80	21.20	20.80	24.10	27.70
2	1	18.80	28.50	29.40	28.30	27.40
2	2	27.50	20.10	19.00	22.70	23.05
2	3	19.20	24.40	21.50	15.40	15.60
2	4	20.50	27.60	20.00	26.70	21.10

**Cuadro 2A.** Análisis de varianza del efecto de la poliacrilamida sobre el rendimiento de materia verde en hoja (g/maceta).

FV	GL	SC	CM	F	P>F
FACTOR A	1	0.384766	0.384766	0.0307	0.856
FACTOR B	3	148.000000	49.333332	3.9368*	0.017
INTERACCION	3	44.140625	14.713542	1.1741	0.335
ERROR	32	401.003906	12.531372		
TOTAL	39	593.529297			

\* Diferencia significativa

C.V. = 15.434 %

**Cuadro 3A.** Efecto de la poliacrilamida sobre el rendimiento de materia verde en tallo .

TRATAMIENTOS		REPETICIONES				
A	B	1	2	3	4	5
1	1	35.00	39.40	38.40	52.40	37.30
1	2	60.50	46.20	36.50	41.60	46.70
1	3	55.70	57.30	45.90	50.20	42.10
1	4	49.10	30.50	57.10	47.60	36.60
2	1	21.30	36.50	35.70	27.80	50.40
2	2	53.80	30.60	36.20	60.50	48.70
2	3	50.00	44.80	34.40	21.10	26.90
2	4	45.40	43.00	35.00	30.90	37.00

**Cuadro 4A.** Análisis de varianza del efecto de la poliacrilamida sobre el rendimiento de materia verde en tallo (g/maceta).

FV	GL	SC	CM	F	P>F
FACTOR A	1	464.437500	464.437500	5.0772*	0.029
FACTOR B	3	393.414063	131.138016	1.4336	0.250
INTERACCION	3	268.171875	89.390625	0.9772	0.583
ERROR	32	2927.195313	91.474854		
TOTAL	39	4053.218750			

\* Diferencia significativa  
C.V. 22.825006%

**Cuadro 5A.** Efecto de la poliacrilamida sobre el rendimiento de peso fresco en raíz (g/maceta).

TRATAMIENTOS		REPETICIONES				
A	B	1	2	3	4	5
1	1	3.95	3.45	3.95	6.40	7.65
1	2	2.50	3.20	4.75	6.10	5.60
1	3	3.90	4.20	4.00	3.85	3.25
1	4	2.40	4.50	3.50	3.00	3.70
2	1	2.90	3.50	3.70	2.50	3.80
2	2	3.70	2.40	3.80	3.30	3.25
2	3	3.80	3.90	4.50	4.20	3.45
2	4	4.60	5.30	4.10	4.10	3.80

**Cuadro 6A.** Análisis de varianza del efecto de la poliacrilamida sobre el rendimiento de peso fresco en raíz (g/maceta).

FV	GL	SC	CM	F	P>F
FACTOR A	1	2.138794	2.138794	2.2420	0.141
FACTOR B	3	0.649963	0.216654	0.2271	0.877
INTERACCION	3	11.556458	3.852153	4.0380NS	0.015
ERROR	32	30.527100	0.953972		
TOTAL	39	44.872314			

NS No significativo

C.V. = 24.656729%

**Cuadro 7A.** Efecto de la poliacrilamida sobre el rendimiento de materia seca en hoja (g/maceta).

TRATAMIENTOS		REPETICIONES				
A	B	1	2	3	4	5
1	1	15.10	10.50	11.00	14.30	14.60
1	2	13.10	12.00	9.10	11.75	11.70
1	3	10.70	11.95	10.15	11.00	11.20
1	4	10.10	10.60	13.70	10.70	12.00
2	1	9.10	11.10	13.30	10.00	12.10
2	2	12.10	9.40	8.40	12.40	11.10
2	3	11.60	10.10	11.60	7.00	8.00
2	4	9.60	12.40	10.30	10.00	10.10

**Cuadro 8A.** Análisis de varianza del efecto de la poliacrilamida sobre el rendimiento de materia seca en hoja (g/maceta).

FV	GL	SC	CM	F	P>F
FACTOR A	1	16.319824	16.319824	6.2764*	0.017
FACTOR B	3	16.332520	5.444173	2.0937	0.119
INTERACCION	3	1.985352	0.661784	0.2545	0.858
ERROR	32	83.206543	2.600204		
TOTAL	39	117.844238			

\* Diferencia significativa  
C.V. = 14.496%

**Cuadro 9A.** Efecto de la poliacrilamida sobre el rendimiento de materia seca en tallo (g/maceta).

TRATAMIENTOS		REPETICIONES				
A	B	1	2	3	4	5
1	1	9.80	12.10	10.40	11.60	10.00
1	2	17.40	14.30	11.60	12.30	15.70
1	3	16.40	17.60	13.20	15.50	14.90
1	4	11.50	9.00	15.00	13.50	12.15
2	1	7.40	10.50	9.10	8.60	13.10
2	2	13.60	18.00	10.20	15.00	14.70
2	3	16.10	12.10	16.45	10.40	11.20
2	4	12.90	11.10	12.20	6.60	11.90

**Cuadro 10A.** Análisis de varianza del efecto de la poliacrilamida sobre el rendimiento de materia seca en tallo (g/maceta).

FV	GL	SC	CM	F	P>F
FACTOR A	1	12.993164	12.993164	2.5044	0.120
FACTOR B	3	125.111816	41.703938	8.0383*	0.001
INTERACCION	3	6.757324	2.252441	0.4342	0.734
ERROR	32	166.020020	5.188126		
TOTAL	39	310.882324			

\* Diferencia significativa  
C.V.= 18.037975 %

**Cuadro 11A.** Efecto de la poliacrilamida sobre el rendimiento del peso seco en raíz (g/maceta).

TRATAMIENTOS		REPETICIONES				
A	B	1	2	3	4	5
1	1	1.50	2.50	2.90	2.60	2.60
1	2	1.90	2.70	2.90	5.30	3.20
1	3	2.70	2.50	3.30	2.80	2.60
1	4	1.50	2.50	2.90	2.60	2.60
2	1	2.20	2.85	2.50	1.80	2.40
2	2	2.50	1.80	1.90	2.40	2.80
2	3	2.30	2.10	2.30	2.60	2.10
2	4	2.50	2.70	2.30	1.90	2.15

**Cuadro 12A.** Análisis de varianza del efecto de la poliacrilamida sobre el rendimiento de peso seco en raíz (g/maceta).

FV	GL	SC	CM	F	P>F
FACTOR A	1	1.599915	1.599915	4.6620*	0.036
FACTOR B	3	0.898453	0.299484	0.8727	0.532
INTERACCION	3	1.183578	0.394526	1.1496	0.344
ERROR	32	10.981934	0.343185		
TOTAL	39	14.663879			

\* Diferencia significativa  
C.V.= 23.386038 %



**Cuadro 13 A.** Características agronómicas del híbrido de sorgo forrajero Cowhand.

Característica	Valor
Altura de la planta	205.90 cm.
Peso fresco de la panícula	4.55 g.
Longitud de la panícula	25.80 cm.
Materia verde total	232.07 g.
Materia verde relación hoja /tallo	0.450 g.
Materia seca relación hoja/tallo	0.250 g.
Peso seco de panícula	2.40 g.
Porcentaje de materia seca total	34.65 g.

Fuente: Valores tomados de García, 1992.

011672

