

UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

FACULTAD DE AGRONOMIA



**UTILIZACION DE UN POLIMERO RETENEDOR
DE HUMEDAD EN EL CULTIVO DEL MAIZ**

(Zoa Mays)

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

INGENIERO AGRONOMO
ORIENTACION FITOTECNIA

P R E S E N T A N

ALBERTO HERNANDEZ CARRILLO

JUAN CARLOS RAMIREZ GUERRERO

GUADALAJARA, JALISCO.

1992



UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA
FACULTAD DE AGRONOMIA

SECCION ESCOLARIDAD

EXPEDIENTE _____

NUMERO 0741/91

15 de octubre de 1991

C. PROFESORES:

ING. AGUSTIN GALLEGOS RODRIGUEZ, DIRECTOR

ING. SALVADOR HURTADO DE LA PEÑA, ASESOR

ING. SALVADOR MENA MUNGUIA, ASESOR

Con toda atención me permito hacer de su conocimiento, que habiendo sido aprobado el Tema de Tesis:

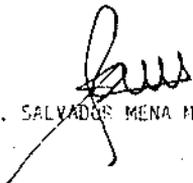
UTILIZACION DE POLIMEROS COMO RETENEDORES DE HUMEDAD EN EL
CULTIVO DEL MAIZ (Zea mays)

presentado por el (los) PASANTE (ES) ALBERTO HERNANDEZ CARRILLO Y
JUAN CARLOS RAMIREZ GUERRERO

han sido ustedes designados Director y Asesores, respectivamente, para el desarrollo de la misma.

Ruego a ustedes se sirvan hacer del conocimiento de esta Dirección su Dictamen en la revisión de la mencionada Tesis. Entre tanto, me es grato reiterarles las seguridades de mi atenta y distinguida consideración.

ATENTAMENTE
"PIENSA Y TRABAJA"
"AÑO LIC. JOSE GUADALUPE ZUNO HERNANDEZ"
EL SECRETARIO


ING. M.C. SALVADOR MENA MUNGUIA

mam



UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA
FACULTAD DE AGRONOMIA

Expediente

Número ... 0741/91

15 de octubre de 1991

ING. JOSE ANTONIO SANDOVAL MADRIGAL
DIRECTOR DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA
DE LA UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA
PRESENTE

Habiendo sido revisada la Tesis del (los) Pasante (es)
ALBERTO HERNANDEZ CARRILLO Y JUAN CARLOS RAMIREZ GLEFRERO

titulada:

UTILIZACION DE POLIMEROS COMO RETENEDORES DE HUMEDAD EN EL
CULTIVO DEL MAIZ (Zea mays)

Damos nuestra Aprobación para la Impresión de la misma.

DIRECTOR

Agustín Callejos R.

ING. AGUSTIN CALLEGOS RODRIGUEZ

ASESOR

ASESOR

[Firma]
ING. SALVADOR HERNANDEZ DE LA PEÑA

[Firma]
ING. SALVADOR MENA MUNGUA

srd'

man.

Al entregar este oficio citemos fecha y número

D E D I C A T O R I A S.

ALBERTO :

A mis padres Alberto y Maria de la Luz por todo su apoyo amor y comprensión a lo largo de toda mi vida y en especial durante mi formación profesional.

A mis hermanos Alejandro, Gustavo, Sergio y Elizabeth por su apoyo y comprensión.

JUAN CARLOS :

A mis padres Juan (q.e.p.d) y Estela por todo el amor y comprensión que me brindaron en mi etapa de formación profesional.

A mis hermanos Miguel Angel, Alma Rosa, Maria Isabel, Celia, Teresa, Alejandro, Emeterio, J. Jesús y Sandra por su valioso apoyo y comprensión.

A G R A D E C I M I E N T O S.

A la Universidad de Guadalajara y en especial a la Facultad de Agronomía por habernos formado profesionalmente.

Al IMCyP "Ing. Karl Augustin Grellmann" y en particular al Departamento Bosque - Escuela por todas las facilidades brindadas para la realización de este trabajo.

Al Ing. Dipl. Agustín Gallegos Rodríguez por la acertada dirección y valiosos consejos para elaborar esta tesis.

Al Ing. M.C. Salvador Hurtado de la Peña por sus valiosos consejos y oportunos comentarios sobre este trabajo.

Al Ing. M.C. Salvador Mena Munguía por su valiosa colaboración y asesoría para la realización del presente trabajo.

A todos los maestros que compartieron sus conocimientos con nosotros a lo largo de nuestra formación profesional.

Al Ing. Jesús Hernández Alonso por su valiosa ayuda.

En general a todas las personas que de alguna manera intervinieron y nos apoyaron en la realización del presente.

INDICE GENERAL.

PAG.

INDICE DE CUADROS

INDICE DE FIGURAS

INDICE DE FOTOS

INDICE DE MAPAS

RESUMEN

1. INTRODUCCION.	1
2. OBJETIVOS E HIPOTESIS.	3
3. ANTECEDENTES.	4
4. REVISION DE LITERATURA	
4.1 FUNCIONES DEL AGUA EN LAS PLANTAS.	11
4.2 REQUERIMIENTOS DE HUMEDAD EN EL CULTIVO DE MAIZ.	13
4.3 EFECTOS DE LAS SEQUIAS EN LAS PLANTAS.	17
4.4 ALTERNATIVAS PARA CONSERVAR LA HUMEDAD EN EL SUELO Y MEJORAR EL APROVECHAMIENTO POR LAS PLANTAS.	21
4.5 CARACTERISTICAS DEL POLIMERO Y SUS EFECTOS EN LAS PROPIEDADES DE LOS SUELOS.	
4.5.1 CARACTERISTICAS DEL POLIMERO.	27
4.5.2 EFECTOS DEL POLIMERO EN LAS PROPIEDADES DE LOS SUELOS	28

INDICE DE CUADROS.

	PAG.
1. PRODUCCION NACIONAL DE MAIZ	53
2. PRINCIPALES CULTIVOS A NIVEL NACIONAL	54
3. PRODUCCION DE CANA UTILIZANDO EL POLIMERO AGROGEL P-4 INGENIO DE TAMAZULA. S.A. CICLO PLANTA	55
4. PRODUCCION DE CANA UTILIZANDO EL POLIMERO AGROGEL P-4 INGENIO DE TAMAZULA. S.A. CICLO SOCA	56
5. DIFERENCIACION DE RAICES EN EL AGAVE AZUL TEQUILERO POR EFECTO DEL AGUA ENCAPSULADA POR EL POLIMERO AGROGEL P-4	57
6. NUMERO DE HOJAS DESENVUELTAS EN EL AGAVE AZUL TEQUILERO POR EFECTO DEL AGUA ENCAPSULADA POR EL POLIMERO AGROGEL P-4.	58
7. NUMERO DE PLANTAS CON HOJAS DESENVUELTAS EN EL AGAVE AZUL TEQUILERO EN RESPUESTA AL AGUA ENCAPSULADA EN EL POLIMERO AGROGEL P-4.	59

INDICE DE FIGURAS.

	PAG.
1. VELOCIDAD DE ABSORCION DEL AGUA POR EL POLIMERO	60
2. PRODUCCION DE RAICES NUEVAS. EN FUNCION A LAS DOSIS EMPLEADAS DEL PRODUCTO.	57
3. RESPUESTA DEL AGAVE AZUL AL AGROGEL P-4 EN HOJAS DESENVUELTAS O NUEVAS.	58
4. RESPUESTA DEL AGAVE AZUL AL AGROGEL P-4. PLANTAS CON HOJAS DESENVUELTAS.	59
5. PRECIPITACION PLUVIAL EN EL BOSQUE ESCUELA	61
6. DISTRIBUCION DE LAS PARCELAS EXPERIMENTALES EN CAMPO ...	62

INDICE DE FOTOS.

	PAG.
1. ASPECTO DE LA PARCELA DESPUES DE LA PREPARACION DEL TERRENO.	33
2. DISEÑO DE LAS PARCELAS EXPERIMENTALES EN EL CAMPO.....	34
3. SIEMBRA MANUAL, ASI COMO LA APLICACION DEL FERTILIZANTE. INSECTICIDA Y POLIMERO	35
4. DISTRIBUCION DE LAS TRES SEMILLAS POR GOLPE, ASI COMO EL POLIMERO BAJO ESTAS Y AL LADO EL FERTILIZANTE CON EL INSECTICIDA.	36

INDICE DE MAPAS.

	PAG.
1. LOCALIZACION DEL BOSQUE - ESCUELA.	63
2. BOSQUE - ESCUELA.	64

RESUMEN

El cultivo de maíz es de vital importancia para México ya que este cereal ocupa un lugar primordial en la dieta del mexicano.

Uno de los principales problemas para la producción de este cereal en nuestro país, es la insuficiencia o irregular distribución de la precipitación pluvial.

Este problema resulta un factor limitante si tomamos en cuenta que el 70% de la superficie nacional sembrada con maíz se hace bajo el régimen de temporal y no se cuenta, además, con agua de riego disponible.

El presente trabajo se realizó con el fin de aportar una alternativa para intentar resolver este problema. Se realizó en la localidad de Cuxpala, en el Municipio de Tala, Jalisco, bajo condiciones de temporal.

El polímero probado se comportó de una manera aceptable a pesar del abundante temporal, y se obtuvieron resultados muy alentadores ya que se tuvieron diferencias de una tonelada de grano y 5 toneladas de forraje seco por hectárea, en comparación al testigo. Esto demostró la viabilidad de este polímero por lo que se recomienda ampliamente su utilización en la producción de maíz de temporal.

1. INTRODUCCION.

El cultivo del maíz siempre ha tenido gran importancia desde tiempos inmemorables, ya que este cereal ha sido la base de la dieta alimenticia de nuestra población.

Este cultivo ocupa el primer lugar a nivel nacional; tanto en superficie cultivada como en producción (cuadros 1 y 2).

En muchas regiones de México, el principal problema para obtener una buena cosecha de maíz es la insuficiencia o irregular distribución de la precipitación pluvial durante el ciclo vegetativo del cultivo que no satisface los requerimientos hídricos de esta planta (Martínez, 1978).

Esto aunado a que una gran parte de la superficie sembrada con maíz en México, se hace bajo el sistema de temporal (Cuadro 2), y no se cuenta con riegos disponibles, origina que se tengan rendimientos unitarios promedio muy bajos a nivel nacional (Angeles, 1968).

Problemas de este tipo han motivado que se elaboren diversos estudios, cuyo objetivo primordial es el de mejorar las condiciones de humedad prevalecientes en el suelo durante el ciclo de crecimiento del cultivo.

Algunos de estos estudios se han orientado a tratar de mejorar la eficiencia del agua de lluvia captada por el suelo y su uso por la planta, tal es el caso de la utilización de antitranspirantes, así como la utilización de cubiertas de polietileno en el suelo, tendientes a reducir la evapotranspiración.

Otras experiencias se han enfocado a las prácticas de labranza del suelo con el fin de " arropar " la humedad de las lluvias tardías de un ciclo anterior, en beneficio del ciclo siguiente.

Algunas de estas prácticas son el subsoleo, el barbecho y el rastreo, utilizadas estas dos últimas, principalmente, en el sistema zapoteco de producción de maíz.

También se ha probado la utilización de variedades resistentes (híbridos), a zonas con un temporal deficiente, así como la adición de materia orgánica al suelo con el fin de aumentar la capacidad de almacenamiento de humedad.

Recientemente en México ha aparecido en el mercado un producto químico recomendado para aumentar la capacidad de almacenamiento de agua en el área de las raíces. Se trata de un polímero cuyo nombre técnico es Poliacrilamida, conocido comercialmente con el nombre de Agrogel P-4, el cual además de aumentar la humedad disponible en el suelo, eleva la capacidad de intercambio catiónico (Zesapi, 1991).

La importancia de este trabajo radica en presentar al productor de zonas de temporal, una alternativa más para aumentar la producción por unidad de superficie, así como evaluar el efecto del polímero sobre la producción.

2. OBJETIVOS E HIPOTESIS.

2.1 OBJETIVO GENERAL.

· Demostrar la eficiencia del uso del polímero poliacrilamida en el cultivo de maíz.

2.1.1 OBJETIVOS PARTICULARES.

- A. Determinar la producción de grano y biomasa de acuerdo a tres diferentes dosis del polímero.
- B. Analizar la relación costo-beneficio de la utilización del polímero en el cultivo de maíz.

2.2 HIPOTESIS.

Utilizando el polímero poliacrilamida para aumentar la eficiencia en la conservación del agua de lluvia, el cultivo no dependerá tanto de la bondad del temporal y se incrementará la producción por unidad de superficie.

3. ANTECEDENTES.

Durante los últimos años, en diversos países, se han estado realizando experimentos con el polímero poliacrilamida, con el fin de comprobar su eficiencia y utilidad para la agricultura mundial.

Una de estas experiencias fue realizada en Valencia, España, durante 1985. El polímero se utilizó en la replantación de árboles de naranja, dando excelentes resultados ya que se reportan ahorros en el consumo de agua, además de incrementar el crecimiento de los arbolitos, así como la producción, comparados en relación a testigos ya establecidos en la huerta.

Proponen que el crecimiento que logra un árbol normalmente en 5 años, tratado con el polímero lo alcanzará en tan solo 4 años (5).

Otro experimento fue realizado en Elmbridge, Inglaterra por el Ayuntamiento local, en el año de 1984, el polímero fue utilizado de tres diferentes maneras:

1. En macetas con geranios.
2. En jardines con flores de verano.
3. En árboles ornamentales durante la replantación.

En las macetas se obtuvieron ahorros en riegos de un 12% y los geranios tratados con el polímero florecieron 2 semanas antes que los testigos.

En los jardines se tuvo un ahorro del orden del 86% en el riego y en general las plantas presentaron un mejor aspecto.

Los resultados de la replantación fueron halagadores, ya que los árboles tratados con el polímero no tuvieron pérdidas por mortandad y en los testigos se perdió un 20% por sequía (3).

De Africa también reportan la utilización de polímeros para ayudar a los árboles a resistir la sequía. Experimentos efectuados en Sudán muestran que los polímeros mejoran la supervivencia en un 40% de arbolitos en condiciones sequía (6).

En el norte del Estado de California en U.S.A., varios experimentos fueron realizados por el East Bay Municipal Utility District (East Bay MUD), para determinar la influencia del polímero en:

- a) La cantidad de agua utilizada en el riego.
- b) La frecuencia de los riegos.
- c) El porcentaje de mortandad (pérdidas durante el shock de trasplante).
- d) El costo de las labores de riego.

En Vine Street, Cal., fueron plantados 60 Amaranthus caudatus con el polímero en un porcentaje de 0.1% en relación al peso del suelo y 65 plantas se establecieron sin el producto.

Los dos grupos de plantas fueron regados semanalmente. El 99% de las plantas tratadas sobrevivieron al trasplante mientras que el 50% de plantas no tratadas murieron. Las plantas tratadas mostraron un crecimiento mayor y una área foliar mucho más desarrollada. Los riegos se suspendieron al tercer mes. Un mes después las plantas tratadas mantuvieron un crecimiento constante y demostraron que pueden sobrevivir con 40% menos de agua, además de sobrevivir a temporadas de sequía.

Similares resultados se obtuvieron en San Pablo y Berkeley View, California, con Mycoperum parvifolium y Correa pachulla (7).

Un sinnúmero de experimentos fueron conducidos en granjas de Colorado, Nebraska, Kansas, Missouri e Iowa durante 1989.

Los granjeros están muy optimistas con los resultados obtenidos.

Uno de ellos, en Colorado, sembró 20 hectáreas de maíz utilizando el polímero en dosis de 5 kilogramos por hectárea y otras 20 hectáreas como testigo sin tratamiento. Las dos parcelas recibieron la misma cantidad de agua y nutrientes. La parcela con el polímero redituó 6,000 pounds más de ensilaje por hectárea que la parcela sin tratar.

Al inicio del ciclo el crecimiento del maíz con polímero fue muy rápido y a la mitad de la temporada las plantas tenían 25 centímetros más que las plantas no tratadas. El sistema radicular

con el polimero fue 4 veces más grande y las espigas llenaron mejor.

Cuando se revisaron en el mes de agosto los campos de Colorado, Nebraska, Iowa y Kansas el maiz fue 2 1/2 semanas más precoz, las mazorcas estaban completamente llenas y bien dentadas (8).

En el Valle de San Joaquin, California, se han estado realizando experimentos con jitomate durante 1987 y 1988. Se reportan incrementos en la producción de un 30%. Comentan que los polímeros tienen la capacidad de retener hasta 400 veces su peso en agua.

Dicen que por cada 100 dólares que se invierten en polimero por hectárea, reditúan 800 dólares de ganancia (30).

En nuestro país recientemente se ha estado evaluando el polimero en diversos experimentos. Uno de ellos se está llevando a cabo hasta la fecha por el Centro Nacional de Investigación Disciplinaria Relación Agua - Suelo - Planta - Atmósfera (CENID - RASPA), de la SARH en Gómez Palacio, Durango con maiz de riego. Entre los resultados obtenidos hasta la fecha se ha observado que los tratamientos con el polimero muestran mayor desarrollo, mayor altura y más floración en relación al testigo.

Cuando se aplicaron al suelo 300 kilogramos por hectárea de poliacrilamida se redujo la escorrentía en un 77% y la erosión cambió de un factor 6 a 8 y las reservas de agua en la parte media del suelo se duplicaron. La evaporación del suelo fue reducida hasta cerca de un 60% cuando una concentración de 0.1% de poliacrilamida fue aplicada en el agua de riego (19).

Un experimento más fue realizado por la Escuela de Agronomía de la Universidad Autónoma de Zacatecas. Este experimento se enfocó, principalmente, a estudiar la influencia del polímero en las propiedades de los suelos.

Entre los resultados más importantes obtenidos hasta el momento, destacan que existieron diferencias altamente significativas en la Capacidad de Campo, Punto de Marchitamiento Permanente, Humedad Aprovechable, Capacidad de Intercambio Catiónico y Densidad Aparente. Además también se cuantificó la velocidad de adsorción del agua por el polímero en 5 concentraciones de sales (Figura 1).

Las diferencias expresan que hay cambios sustanciales en el comportamiento del suelo debido a la aplicación del polímero. Las conclusiones que se obtienen es de que se trata de un producto con gran efectividad para el mejoramiento de las propiedades de los suelos, pues además de favorecer la aireación, aumenta de manera importante la capacidad de almacenamiento de agua en los suelos (41).

En el Ingenio de Tamazula S.A., ubicado en el municipio del mismo nombre, al sur del Estado de Jalisco, se han llevado a cabo ensayos con este polímero en la producción de caña de azúcar obteniendo resultados muy alentadores. Estos se detallan en el cuadro 3 (ciclo planta) y cuadro 4 (ciclo soca) (9).

En el Municipio de Amatitán en el Estado de Jalisco, se elaboran trabajos de investigación con el polímero en el cultivo del agave azul tequilero (Agave tequilana, WEBER). Se estudiaron las respuestas en el desarrollo radical, desenvolvimiento de hojas y prendimiento de plantas al estímulo del agua encapsulada en el polímero hidratable de poliacrilamida y dosis más adecuada aplicados al momento de la plantación. Los resultados se detallan en los Cuadros 5, 6, 7 y en las Figuras 2, 3 y 4.

Entre las conclusiones obtenidas tenemos que el agua encapsulada en el polímero estimula la diferenciación de raíces, desenvolvimiento de hojas y el número de plantas con hojas desenvueltas. El tener un reservorio de agua en contacto con el tallo del agave, en el período más seco y cálido del año, evita la detención de los procesos fisiológicos que estimulan el crecimiento y diferenciación de raíces, además de adelantar, por lo menos, de uno a dos meses el ciclo biológico del cultivo (32).

Gallegos (1992), menciona que en el Bosque - Escuela del Instituto de Madera, Celulosa y Papel (IMCYP) "Ing. Karl Augustin Grellmann", de la Universidad de Guadalajara, ubicado en la parte sureste del Bosque de La Primavera, desde 1989 se han establecido experimentos con el polímero en las especies:

- *Pinus michoacana*
- *Pinus oocarpa*
- *Pinus pseudostrabus*
- *Pinus douglasiana*
- *Pinus halepensis*
- *Pinus edulis*

Estos estudios han reportado hasta la fecha resultados muy positivos en cuanto a la retención de humedad, sobrevivencia y crecimiento.

En la actualidad se prueban diferentes dosis para determinar la cantidad óptima por árbol (20 y 21).

4. REVISION DE LITERATURA.

4.1 FUNCIONES DEL AGUA EN LAS PLANTAS.

Bidwell (1979), señala que el agua se mueve por la planta, penetrando principalmente via las raices y saliendo via las hojas, en respuesta a un gradiente de potencial, el cual entonces debe disminuir continuamente. En esencia, la planta actúa como un eslabón en el sistema hidrico al permitir el flujo del agua hacia abajo de un gradiente de potencial, desde el suelo a la atmósfera. Parte del movimiento es por difusión, usualmente por ósmosis y otra parte mediante flujo de masa (11).

Kramer (1974), comenta que la única forma en que un factor como el agua puede afectar el crecimiento vegetal, consiste en intervenir a los procesos fisiológicos y condiciones internas. Casi cada proceso vegetal está directa o indirectamente afectado por el abastecimiento de agua.

El crecimiento de las plantas está controlado por los coeficientes de división y ensanchamiento de células y por el abastecimiento de componentes orgánicos o inorgánicos necesarios para la síntesis de proteínas (26).

Richter (1972), indica que el agua no solamente constituye la materia prima de la fotosíntesis, sino que también participa como

reactivo en sus transformaciones, lo mismo que en reacciones del metabolismo.

El agua también sirve como disolvente indispensable para la mayoría de los compuestos, tanto orgánicos como inorgánicos, que participan en el metabolismo. Por lo tanto se comprende que un suministro inadecuado de agua no solo afecta o bloquea la fotosíntesis sino también a otros procesos vitales (35).

Bidwell (1979), habla acerca de que la mayoría de las plantas terrestres necesitan sistemas eficientes para absorber y movilizar agua. Esto se debe a que su nutrición fundamentalmente es gaseosa y poseen un sistema de intercambio gaseoso muy eficaz.

El agotamiento del agua edáfica que rodea a las raíces determina el acceso de solución fresca de las áreas circundantes del suelo y esto ayuda a la planta a extraer nutrientes en mayor volumen del suelo (11).

Kramer (1979), menciona que el agua es el reactivo de muchos procesos importantes, incluyendo la fotosíntesis y procesos hidrolíticos tales como la hidrólisis del almidón en azúcar.

Otra de las funciones del agua en las plantas es la de solvente, en el cual, gases, minerales y demás solutos penetran en las células vegetales y pasan de una célula a otra y de un órgano a otro (26).

Rojas (1979), señala que los requerimientos de agua de la planta se deben parcialmente a necesidades metabólicas, pero sobretodo a un determinismo físico.

El coeficiente de transpiración mide la intensidad con que la planta transpira; puesto que este es un valor que varía con las condiciones ambientales, se establece al comparar el agua que la planta pierde con la que se evapora de una superficie libre por unidad de área.

La eficiencia de transpiración indica la habilidad de la planta para utilizar el agua en procesos metabólicos y se establece midiendo la cantidad de materia seca sintetizada por gramo de agua absorbida (38).

4.2 REQUERIMIENTOS DE HUMEDAD EN EL CULTIVO DE MAIZ.

Jugenheimer (1981), nos dice que el maíz se desarrolla mejor en suelos bien drenados y fértiles, en regiones con temperaturas moderadamente altas y lluvia adecuada y bien distribuida durante la estación de crecimiento.

La cantidad, distribución y eficiencia de la lluvia son factores importantes en la producción de maíz (25).

Diaz del Pino (1954), señala la importancia de que exista en el suelo un alto grado de humedad, que satisfaga las necesidades del cultivo para obtener rendimientos altos de maiz. Dice que el maiz necesita para su desarrollo y fructificación grandes cantidades de agua (16).

Russell y Danielson (1956) mencionados por Jugenheimer en (1981), indican que en una gran parte de la faja maicera de Estados Unidos, la demanda de agua para producir elevados rendimientos de maiz es superior en un 50% o más a la lluvia normal en los meses de Junio, Julio y Agosto, por lo tanto, los elevados niveles de producción dependen en gran medida a la utilización del agua almacenada en el perfil del suelo (25).

Delorit (1983), dice que el maiz requiere de una precipitación generosa y bien distribuida.

Para mantener el crecimiento durante los meses críticos de Julio y Agosto, son esenciales una buena distribución de la lluvia y una cantidad suficiente de humedad en el suelo.

Durante este periodo se necesita mucha agua debido al crecimiento rápido de las plantas y la alta tasa de evaporación del suelo y de transpiración de las plantas.

En este lapso de crecimiento rápido, el maiz requiere más agua por hectárea que cualquier otro cultivo de campo (14).

Gutiérrez (1986) citado por Meza en 1988, señala que las variaciones en la distribución de la lluvia son importantes, ya que dan lugar a periodos de sequia de diferente intensidad (27).

Pendleton (1979), comenta que el maíz requiere de 40 a 60 centímetros de agua durante la época de crecimiento. Indica que cerca de 20 kilogramos por hectárea de grano seco son producidos por cada milímetro de agua (29).

Aldrich (1974), menciona que el maíz necesita cerca de 750 litros de agua por kilogramo de grano producido. Señala, además, que en la explotación donde se cumplen las prácticas para lograr un buen crecimiento de las plantas, pero en las que no se cuenta con riego, la falta de agua constituye el principal factor limitante para obtener mayores rendimientos de maíz (2).

Angeles (1968) citado por Meza en 1988, indica que la baja productividad de maíz en México se debe a que las zonas marginadas de temporal son generalmente regiones agrícolas que carecen de condiciones favorables de clima y de suelo para el adecuado desarrollo del cultivo.

Dice que el 80% de la superficie cultivada con maíz presenta condiciones de temporal regular o malo, dependiendo el éxito de este cultivo, de la precipitación que ocurra durante su desarrollo (27).

Martínez et al. (1978) mencionado por Zesapi en 1991, indica que en zona áridas y semiáridas de México, el principal factor que limita la producción agropecuaria es el agua, pues generalmente la única fuente de este líquido son las lluvias, las cuales en su mayoría no satisfacen las necesidades hídricas de los cultivos (41).

Aldrich (1974), comenta que en algunos lugares además de que el agua de lluvia es escasa, una gran parte de ella se pierde por escurrimiento, drenaje, evaporación y transpiración de las plantas, y lo que es peor, la lluvia no siempre llega cuando las plantas la necesitan con urgencia, lo que puede significar la diferencia entre pérdida y ganancia.

Generalmente existen periodos de una semana o más en que la humedad que aporta la lluvia y las reservas del subsuelo no llegan a las cantidades óptimas que requiere el cultivo de maíz (2).

Winter (1977), indica que la adsorción de agua por las plantas se produce a través de las raíces, casi en forma exclusiva, por lo que para poder utilizar el agua del suelo, las raíces deben encontrarse en las zonas donde hay agua, o bien, el agua debe desplazarse desde esa zona hacia donde están las raíces (40).

Black (1975), comenta que los suelos tienen una capacidad tal, que les permite suministrar agua durante toda una estación a las

plantas que tienen un sistema radicular profundo o un ciclo de crecimiento breve.

Señala, además, que de los distintos factores que pueden limitar el crecimiento de las plantas en la superficie terrestre, el agua es quizá el más importante (12).

4.3 EFECTOS DE LAS SEQUIAS EN LAS PLANTAS.

Winter (1977) y Jugenheimer (1981), coinciden en apuntar que la distribución de la lluvia escasa o mala afecta adversamente al rendimiento.

Las temperaturas extremadamente altas, en particular cuando están acompañadas de humedad deficiente (sequia), durante el periodo de polinización, a menudo causa la desecación del tejido foliar y la espiga, evitando la polinización y ocasionando la formación deficiente de semillas (40)(25).

Rojas (1979), habla de que cuando la planta carece de agua entra en marchites, estado reconocible por la flacidez de los tejidos, las hojas arrugadas y colgantes y por la eventual clorosis.

Se pueden detectar dos tipos de marchites: temporal y permanente.

Temporal: ocurre cuando la transpiración es tan intensa que la planta no alcanza a reponerla y entra en un déficit hídrico pasajero.

Permanente: se define como aquella que persiste aunque la planta se coloque en una atmósfera saturada de humedad, siempre que no se agregue agua al suelo (38).

García y Gevante (1976) mencionados por Meza en 1980, dicen que a niveles bajos de humedad se observan cambios en la actividad enzimática, la división celular es inhibida y los estomas comienzan a cerrarse para una reducción de la transpiración y de la fotosíntesis (27).

Kramer (1974) y Rojas (1979), coinciden en señalar que el ensanchamiento de la célula depende, fundamentalmente de, por lo menos, un grado mínimo de turgencia, y el alargamiento del tallo y la hoja es controlado o determinado rápidamente por déficits de agua.

La disminución del agua contenida en la planta reduce invariablemente el coeficiente de fotosíntesis y generalmente también la tasa de respiración (26)(38).

Winter (1977), indica que una disminución del potencial hidráulico afecta a diferentes órganos de modos distintos, el efecto más común de una sequía es la disminución del índice de

crecimiento y desarrollo del follaje (40).

Tumanov (1956) citado por Rojas en 1979, comenta que aun cuando una planta no llegue a morir de sequia, basta que en su ciclo la planta sufra un periodo de marchites severa para que disminuya su rendimiento un 50 % (38).

Pendleton (1979), apunta que una deficiencia de agua en cualquier periodo del ciclo vegetativo puede reducir la producción. De tal manera, una sequia severa y altas temperaturas durante la floración son muy perjudiciales y si se pueden aplicar riegos, esta etapa es la que ofrece usualmente una mejor recuperación.

Un stress temprano de agua durante la época de crecimiento puede generar plantas más cortas pero no reduce la producción tanto como un stress durante la etapa de floración o llenado de grano (29).

Rojas (1979), hace un breve resumen de los efectos de la falta de agua en la fisiología de la planta, entre otras menciona que la fotosíntesis disminuye en sequia, una causa es probablemente que el cierre del estoma determina una falta de CO₂ en el mesófilo.

Otro factor interactuante es por fallas en el transporte debido a la falta de agua, el azúcar se acumula en la hoja y las reacciones de síntesis de sacarosa y almidón se inhiben.

La respiración en órganos con vida activa (por ejemplo: las hojas), aumenta en sequía por sobre la normal como se ha demostrado en manzano y otras especies.

La conjunción de alta respiración y baja fotosíntesis determinará un estado de desnutrición si persiste cierto tiempo. La síntesis de proteínas y la cantidad de ácidos nucleicos disminuye.

La baja en proteínas y la falta de turgencia, que traen consigo poca presión para un buen alargamiento celular, determinan que en sequía el crecimiento sea muy pobre. En maíz se ha encontrado que el crecimiento está en relación directa con el agua útil.

En general, la sequía induce precocidad, pero en algunos cultivos se ha encontrado experimentalmente que la falta de agua retarda la floración aunque acelera la maduración. En las plantas con flores unisexuales, la sequía afecta la sexualidad. La caída de frutos aumenta con la sequía (38).

4.4 ALTERNATIVAS PARA CONSERVAR HUMEDAD EN EL SUELO Y MEJORAR EL APROVECHAMIENTO POR LAS PLANTAS.

Anaya (1984) citado por Zesapi en 1990, comenta que la captación del agua de lluvia y la conservación de la humedad en el suelo, deben formar parte importante de las tecnologías aplicadas en los diversos sistemas de producción utilizados en la agricultura de temporal deficiente, ya que esto permitirá una mayor disponibilidad de agua para las raíces y reducirá los efectos de las sequías, lo cual redundará en mayores rendimientos unitarios (41).

Delorit (1983), indica que los suelos ricos en materia orgánica (M.O.), son ideales para el maíz debido a que tienen una gran capacidad de retención de agua. Consecuentemente pueden proporcionar humedad durante los períodos de crecimiento rápido o durante las temporadas secas.

Además, a medida que la materia orgánica se descompone, pone a disposición de la planta una cantidad sustancial de su nitrógeno (14).

Padilla (s/f), habla que la adición de materia orgánica aún en porcentajes del 1%, mejora las condiciones del suelo para retener humedad.

El rastreo tritura y entierra las hierbas que cubren al terreno en el mes de Octubre y pulveriza la superficie rompiendo la capilaridad.

Los excedentes de humedad de un ciclo, se acumulan en el perfil del suelo en beneficio del ciclo siguiente (28).

Rojas (1979), señala que existen técnicas de siembra útiles en zonas con deficiente precipitación que incluyen una baja densidad para evitar competencia por el agua y sembrar variedades de diferente ciclo para minimizar el peligro de que toda la población pueda sufrir de sequía en estado de floración.

Otras técnicas agrícolas que pueden jugar un papel importante para disminuir las pérdidas por sequía son el de llevar un perfecto control de malezas, ya que por lo general son mucho más competitivas que los cereales en la lucha por el agua (36).

Burton (1964) señalado por Escobedo en 1980, hace énfasis en la importancia de las prácticas culturales para facilitar el crecimiento del sistema radicular para mejorar la eficiencia del uso del agua (17).

Robles (1978), habla de que un terreno sin labores de cultivo como el barbecho y el rastreo, estará más o menos compactado y con menos porcentaje de espacio poroso que un terreno al que se le ha

modificado la estructura con labores de cultivo que facilita la penetración de raíces al suelo, la aireación del suelo y la penetración del agua así como su conservación (37).

Russell (1959), mencionado por Escobedo en 1980, indica que la preparación del suelo facilita la penetración de la humedad y favorece su conservación (17).

Escobedo (1980), reporta que el barbecho tiene un papel muy importante en la preparación del suelo, ya que al incorporar residuos orgánicos en la parte superficial del suelo, disminuye la compactación del mismo debido al tráfico de implementos; destruye la capilaridad y promueve una mejor conservación de la humedad en el suelo (17).

Pendleton (1979), apunta que el aprovechamiento de agua puede ser mejorado mediante una adecuada fertilización para incrementar el crecimiento radicular, ajustando la densidad de siembra y protegiendo el cultivo de plagas y malas hierbas.

La evaporación de la superficie del suelo puede ser reducida sembrando en hileras, construyendo alrededor terrazas, dejando el rastrojo en la superficie o practicando el mínimo de labores (29).

Brauer (1969), señala que una de las soluciones más simples para obtener una cosecha en zonas con mala distribución de lluvias

puede lograrse aumentando la precocidad de las variedades cultivadas (10).

Angeles (1968), citado por Meza en 1988, comenta que el 80% de la superficie cultivada con maíz en México presenta condiciones de temporal deficiente (regular o malo), dependiendo el éxito de este cultivo, de la precipitación que ocurra durante su desarrollo. Indica que por tal motivo es necesario dar mayor importancia a obtener mejores variedades de temporal (27).

Jugenheimer (1981), indica que las líneas puras difieren ampliamente en su resistencia a la sequía, las hojas de algunas líneas puras se enrollan apretadamente, otras se chamuscan en las puntas de las hojas y otras permanecen verdes y turgentes (25).

Complementando este tema Bidwell (1979), comenta que los mecanismos de tolerancia a sequía aun no se comprenden por completo.

Las consecuencias de la deshidratación son complejas para el protoplasma vivo. La sequía a menudo acompaña al problema de calor excesivo, lo cual causa diversas lesiones. Debido a que la sequía tiene tan variados efectos, no sorprende que varios y diferentes mecanismos de tolerancia parecen haberse desarrollado.

Presumiblemente todas las plantas terrestres tienen cierto grado de resistencia a sequía. Sin embargo, estos mecanismos solo

se traducen en conservación del agua y no ayudan a proteger el delicado protoplasma de la deshidratación (11).

Robles (1978), señala que los requerimientos óptimos de humedad en maíz son diferentes si se consideran variedades precoces (alrededor de 80 días) o variedades tardías (alrededor de 140 días).

Bajo condiciones de temporal y con variedades adaptadas, se pueden tener buenos rendimientos con más o menos 500 milímetros de precipitación pluvial, distribuidos durante el ciclo vegetativo del cultivo (37).

Ibarra, et al., (1991), habla acerca del efecto del acolchado sobre la humedad del suelo.

Comenta que la cantidad de agua bajo el plástico es generalmente superior a la del suelo desnudo, salvo en el momento inmediatamente posterior a una lluvia.

Con el uso de cualquier tipo de plástico la mayor pérdida de agua es por percolación, tanto en el caso de agua de irrigación, como después de una lluvia abundante, ya que con el acolchado se impide la evaporación casi totalmente.

Cualquier pérdida fuera de la mencionada se debe a las perforaciones practicadas en el plástico para hacer posible la siembra o el trasplante.

Al efectuar adecuadamente el suministro de agua de irrigación y explotar las características del acolchado respecto a la humedad del suelo, se mantiene un régimen hídrico constante muy cercano al óptimo del terreno (23).

Rojas (1979), habla acerca de la utilización de antitranspirantes y otros productos cuyo principal objetivo es el de aumentar la eficiencia del agua de lluvia por la planta.

Comenta que actualmente se investiga el valor agrícola de productos activos en el metabolismo, los cuales producen en la planta cambios fenotípicos por los que la planta puede resistir la sequía.

Un ejemplo es el ALAR (ácido dimetilamino succínico), que induce tallos cortos, floración profusa y resistencia a helada y sequía. Más conocido es el CLORMEQUAT o CCC (Cloruro de Cloro Colina), que provoca hábito compacto y resistencia a la sequía en trigo.

Del mismo tipo protector son los antitranspirantes que se aplican a la planta en estado vegetativo para disminuir la transpiración. En general son de dos tipos, productos que inducen al cierre de estomas (por ejemplo, acetato fenil mercuríco), y productos que forman una película (emulsiones de cera, etc.). Lo importante de su acción es que permitan el paso de CO_2 y O_2 , pero reduzcan el de vapor de agua (38).

4.5 CARACTERISTICAS DEL POLIMERO Y SUS EFECTOS EN LAS
PROPIEDADES DE LOS SUELOS.

4.5.1 Características del polímero.

1. Identificación del producto.

Nombre Registro Químico : P4
Nombre comercial : Agrogel P-4
Sinónimos : Ninguno.
Familia Química : Poliacrilamida.
Fórmula Molecular : Polímero.
Peso Molecular : Polímero.

2. Composición Química:

% Peso

Poliacrilamida. No menos de ----- 99.00

(Co - Polímero)

Acilamida. No más de ----- 1.00

TOTAL: 100.00%

3. Propiedades físicas.

Apariencia: Polvo fino flowable o granulos sólidos flowables.

Olor : Ninguno

Gravedad específica : 0.66 (en agua = 1.0)

% volatilidad : Ninguno.

PH: Neutral.

Solubilidad en agua : Limitada por viscosidad.

Punto de flash: Ninguno.

4.5.2 Efectos del polímero en las propiedades de los suelos.

Wallace, citado por Froto (1990), reporta que las propiedades de los polímeros incrementan el espacio poroso en el suelo, la permeabilidad, la velocidad de infiltración, reducen la escorrentía y la evaporación (19).

Zesapi (1990), comenta que algunas de las propiedades que mejora este producto en el suelo son la capacidad de almacenamiento de agua, la densidad aparente y la capacidad de intercambio catiónico.

Menciona que la actividad eléctrica del polímero permite que se comporte como un buen adsorbente e intercambiador de iones, características sumamente favorables para los suelos agrícolas (41).

5. MATERIALES Y METODOS.

5.1 Localización del experimento.

El experimento se realizó en el predio del Bosque - Escuela del Instituto de Madera, Celulosa y Papel " Ing. Karl Augustin Grellmann" , de la Universidad de Guadalajara, que forma parte del bosque denominado La Primavera, en el Municipio de Tala, Jalisco.

Se ubica entre los grados $103^{\circ} 37' 15''$ y $103^{\circ} 40' 08''$ de Longitud Oeste, $20^{\circ} 36' 26''$ y $20^{\circ} 34' 34''$ de Latitud Norte, a una altura comprendida entre los 1400 y 1700 metros sobre el nivel del mar.

Se localiza a 3 kilómetros al Noreste del poblado Cuxpala, 1 kilómetro al Norte de Latillas, 4.5 kilómetros al Noroeste de La Villita , 7 kilómetros al Noroeste de San Isidro Mazatepec y a 4 kilómetros al Suroeste del cerro de San Miguel (Ver mapas 1 y 2 en el anexo) (Estrada, 1986).

5.2 Clima según Köppen.

Según la clasificación climatológica de Köppen, modificada por E. García, la zona donde se llevo a cabo el estudio pertenece al subgrupo climático :

(A) C (Wo) a (i) .

Lo cual significa que tiene un clima templado semicálido, con temperatura media anual de 18.9 grados centigrados. La temperatura

media del mes más frío es de 0.5 grados C y la del mes más caliente de 37.5 grados C.

Es subhúmedo con lluvias en verano, teniendo una precipitación pluvial anual de 835.7 mm., y un cociente de P/T menor de 43.2, o sea el más seco de los semicálidos subhúmedos. Este clima presenta lluvias invernales inferiores al 5% del anual (ver Figura 5 en el anexo). El verano es cálido.

La oscilación anual de las temperaturas medias mensuales es isotermal, o sea menor de 5 grados C. Los días despejados se presentan con más frecuencia en invierno y primavera, entre los meses de Octubre a Mayo. Los vientos dominantes son del Suroeste en los meses de Noviembre a Junio y por lo general de Grado 2 (Estrada, 1986).

5.3 Suelo.

De acuerdo a la carta edafológica de Detenal los suelos localizados dentro del área donde se realizó el estudio pertenecen en su mayoría a Regosol eútrico, tienen un pH ácido (Estrada, 1986).

5.4 Vegetación Nativa.

En estudios realizados con anterioridad se determinó que existen 5 tipos de vegetación:

- Bosque de Pino y Encino.
- Matorral subtropical.

- Vegetación secundaria.
- Pastizal.
- Vegetación acuática y semiacuática (IMCYP, 1991).

5.5 Material utilizado.

- El material vegetativo utilizado fue el maíz híbrido E-830, adaptado a la región y que produce buenos rendimientos.
- Tractor con arado de discos y rastra para la preparación del terreno
- Cultivadora para el trazo de surcos.
- Cinta y estacas para el diseño de las parcelas.
- Insecticida counter al 5% granulado.
- Polímero poliacrilamida (comercialmente conocida como agrogel P-4).
- Dosis de fertilización 180 - 80 - 00 , cuya fuente de Nitrógeno fue urea y de P_2O_5 fue el Superfosfato triple.
- Herbicida Prado preemergente.
- Insecticida Lorsban 480-E para gusano cogollero.
- Mochila de 15 lts., para la aplicación de pesticidas.
- Machete y cazanga para labores culturales.
- Báscula y bolsas de polietileno para cosecha.
- Camioneta para transporte.

5.6 Diseño experimental.

El diseño experimental usado fue el de Bloques Completos al Azar con 4 tratamientos y 4 repeticiones.

5.6.1 Modelo estadístico.

$$X_{ij} = \bar{m} + a_i + B_j + E_{ij}$$

donde :

\bar{m} : media de la muestra.

a_i : efecto del tratamiento.

B_j : efecto del bloque.

E_{ij} : error experimental.

5.6.2 Tratamientos

5.6.2.1 A = testigo .

5.6.2.2 B = 5.0 kg., de polímero por hectárea.

5.6.2.3 C = 7.5 kg., de polímero por hectárea.

5.6.2.4 D = 2.5 kg., de polímero por hectárea.

BIBLIOTECA FACULTAD DE AGRONOMÍA

5.7 Procedimiento experimental.

La preparación del terreno se llevo a cabo a finales de Abril con barbechos, realizándose enseguida los rastreos, el trazo de surcos se hizo a finales de mayo con una cultivadora (Foto 1).



Foto 1. Aspecto de la parcela después de la preparación del terreno.

Se trazaron 16 parcelas, cada una con 4 surcos de 10 metros de longitud con callejones de un metro entre ellas, la orientación de

los surcos fue de Oriente a Poniente (parcela experimental: ver la Figura 6 y Foto 2).



Foto 2. Diseño de las parcelas experimentales en el campo.

La siembra se realizó el 22 de junio de 1991 de manera manual, aquí se mezcló el fertilizante cuya dosis fue 180 - 80 - 00, utilizando como fuente de nitrógeno, la urea, y como fuente de P_2O_5 el superfosfato triple. Se aplicó la totalidad del fósforo y la mitad del nitrógeno además del insecticida Counter para plagas del suelo en dosis de 20 kilogramos por hectárea (Ver.Foto 3).



Foto 3. Siembra manual, así como la aplicación de fertilizante, insecticida y polímero.

El polímero se aplicó en la siembra ya hidratado, a razón de 200 litros de agua por kilogramo de producto, depositándose la cantidad requerida para cada tratamiento.

Se sembraron 3 semillas por golpe en la parte alta del surco, eliminándose 2 plantas a las 3 semanas, para manejar una población mínima de 55,000 plantas por hectárea para todas las parcelas (Ver Foto 4).

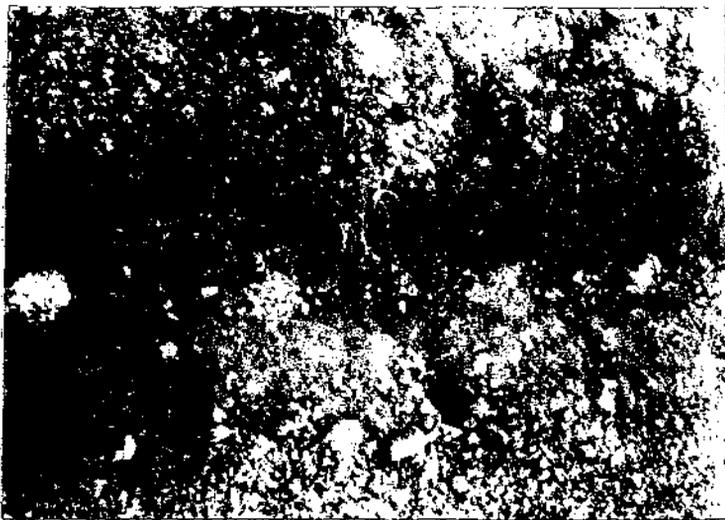


Foto 4. Distribución de las tres semillas por golpe así como el polimero bajo estas y al lado el fertilizante con el insecticida.

La primera escarda se realizó el 27 de Julio junto con la segunda fertilización aplicando la otra mitad del nitrógeno restante.

Se tuvieron algunos problemas con granizadas que provocaron daños al follaje el 20 de Julio y el 8 de Agosto. Existieron además, problemas con las maleza por lo que se aplicó el herbicida prado, en dosis de 5 litros por hectárea, además para gusano cogollero se aplicó Lorsban 480-E.

La cosecha se llevó a cabo el 23 de Noviembre, cosechándose los dos surcos centrales de cada parcela, eliminándose 1 metro a cada extremo del surco para evitar el efecto de orilla (ésta fue la parcela útil).

Al momento de la cosecha se pesaron las plantas de la parcela útil para llevar a cabo el análisis de varianza para la producción de biomasa.

Cabe señalar que existieron problemas de estancamiento de agua en los Bloques I y II que influyeron decisivamente en los resultados del experimento.

Las mazorcas recolectadas se pusieron a secar al sol por tener un contenido de humedad cercano al 20%. Al 7 de Diciembre tenían un contenido de humedad cercano al adecuado (15%), por lo que se procedió a desgranar y pesar, obteniéndose los datos para realizar el análisis de varianza respectivo, cuyos valores se detallan en el capítulo 6.

5.8 Variables.

5.8.1 Producción de grano.

5.8.2 Producción de biomasa.

6. RESULTADOS Y DISCUSIONES.

6.1 PRODUCCION DE GRANO.

Producción de grano ordenada por tratamiento y por bloque.

(TON / HA).

	I	II	III	IV	TOTAL	-
					TRAT.	x
A	5.4	6.3	7.0	6.0	24.7	6.17
B	5.9	6.5	6.0	7.0	25.4	6.35
C	6.4	6.9	7.3	7.4	28.0	7.00
D	6.0	5.8	6.8	7.0	25.6	6.40
TOTAL	23.7	25.5	27.1	27.4	103.70	
REP.						
x	5.92	6.38	6.78	6.85	X... =	6.48

De los resultados obtenidos en el cuadro de producción de grano se destaca que el tratamiento C (7.5 kg. de polímero por hectárea), fue el que presentó una media mayor (7.0 toneladas por ha.).

Los tratamientos B (5 kg., de polímero por hectárea) y D (2.5 kg. de polímero por hectárea), presentaron medias muy similares (6.3 y 6.4 toneladas por hectárea), sólo el tratamiento A (testigo), fue el que obtuvo una media inferior (6.1 toneladas por hectárea).

Otros resultados que se destacan en el cuadro anterior son las diferencias entre las medias de los bloques, debido en su mayor parte al estancamiento de agua que existió en los bloques I y II.

Análisis de varianza para la producción grano.

F.V.	S.C.	G.L.	C.M.	F.c.	F.T.
					0.05 0.01
DOSES	1.55	3	0.5	5	4.5 * 8.5 N.S.
BLOQUES	2.17	3	0.7	7	
E.E.	1.60	9	0.1		
TOTAL	5.31	15	2.8		

El análisis de varianza nos indica que se presentaron diferencias significativas únicamente al 0.05% de probabilidad entre los tratamientos.

6.2 PRODUCCION DE BIOMASA.

Producción de biomasa ordenada por tratamiento y por bloque
(TON / HA).

	I	II	III	IV	TOTAL TRAT.	- x
A	14.85	14.20	14.40	15.20	58.65	14.66
B	13.50	15.50	16.45	16.00	61.45	15.36
C	17.40	19.25	19.40	20.00	76.05	19.01
D	16.00	14.50	16.40	16.80	63.70	15.93
TOTAL	61.75	63.45	66.65	68.00	259.85	
REP.						
x	15.43	15.86	16.66	17.00		X.. = 16.24

En el cuadro referente a la producción de biomasa se obtuvieron diferencias más amplias entre las medias de los tratamientos, destacando de nuevo el tratamiento C como el que presentó una media más elevada que fue de 19 toneladas de forraje seco por hectárea.

También existieron diferencias entre las medias de los bloques, atribuibles al estancamiento de agua en los bloques I y II.

Análisis de varianza para la producción de biomasa.

F.V.	S.C.	G.L.	C.M.	F.c.	F.T.	
					0.05	0.01
DOSIS	44.18	3	14.73	20.75	4.5**	8.5**
BLOQUES	6.16	3	2.053	2.89		
E.E.	6.33	9	0.71			
TOTAL	56.67	15	3.78			

En el análisis de varianza para producción de biomasa, se observa que existieron diferencias altamente significativas tanto al 0.05 como al 0.01 % de probabilidad.

6.3 RELACION COSTO - BENEFICIO.

COSTOS DE CULTIVO POR HECTAREA DE MAIZ UTILIZANDO UNA DOSIS DE 7.5 TONELADAS / HA. DEL POLIMERO AGROGEL P-4.

CONCEPTO	UNIDAD	CANT.	PRECIO UNITARIO.	TOTAL
I. PREPARACION DEL TERRENO.				
Barbecho	Ha.	1	\$140,000.00	\$140,000.00
Rastreo	Ha.	1	\$ 70,000.00	\$ 70,000.00
				\$210,000.00
II. SIEMBRA.				
Semilla	Costal 20 kg.	1	\$215,000.00	\$215,000.00
Siembra	Ha.	1	\$ 70,000.00	\$ 70,000.00
Fertilizante :				
Urea	kg.	400	\$ 540.00	\$216,000.00
SPT	kg.	180	\$ 640.00	\$120,000.00
Insecticida	Costal 20 kg.	1	\$ 90,000.00	\$ 90,000.00
Polimero				
Agrogel P - 4.	kg.	7.5	\$ 50,000.00	\$375,000.00
				\$1'086,000.00

III. LABORES DEL CULTIVO.

1ª escarda	Ha.	1	\$ 100,000.00	\$ 100,000.00
2ª fert.	Jornal	2	\$ 20,000.00	\$ 40,000.00
2ª escarda	Ha.	1	\$ 70,000.00	\$ 70,000.00
Insecticida	Litros	1	\$ 38,000.00	\$ 38,000.00
Aplic. Insec.	Jornal	2	\$ 20,000.00	\$ 40,000.00
Herbicida	Litros	5	\$ 15,000.00	\$ 75,000.00
Aplic. Herb.	Jornal	1	\$ 20,000.00	\$ 20,000.00
3ª fert.	Jornal	2	\$ 20,000.00	\$ 40,000.00

\$423,000.00

IV. COSECHA.	Ha.	1	\$ 130,000.00	\$ 130,000.00
--------------	-----	---	---------------	---------------

COSTOS DE CULTIVO TOTALES PARA 1 HA. DE MAIZ UTILIZANDO 7.5 KG. DEL POLIMERO AGROGEL P-4 : \$ 1'849,000.00

Tomando en cuenta que en promedio se cosecharon 7.0 toneladas de grano en las parcelas con el tratamiento C (7.5 kg. de polimero por hectárea), y asumiendo que el precio de garantía es de aprox. \$ 700,000.00 , obtenemos \$ 5'000,000.00 . Si a esto le agregamos que se obtuvieron en promedio 19 toneladas de forraje seco y que el precio por tonelada en la región es de \$ 30,000.00 obtenemos en total \$ 5'570,000.00, por lo que de ganancia neta quedan \$ 3'721,000.00 por hectárea.

De los costos mencionados se concluye que para una hectárea sin utilizar el polímero los costos serán de \$ 1'474,000.00 .

Considerando que las parcelas utilizadas como testigo en promedio obtuvieron 8 toneladas de grano y 14 toneladas de forraje seco por hectárea se obtienen en total \$ 4'620,000.00 , por lo que la ganancia neta es de \$ 3'146,000.00 por hectárea .

7. CONCLUSIONES.

1. Los resultados de campo y los análisis de varianza demuestran que la aplicación del polímero poliacrilamida tiene una respuesta favorable sobre la producción.
2. El análisis económico resulta favorable ya que se obtienen aproximadamente \$ 500,000.00 por hectárea más de ganancia aplicando el polímero en dosis de 7.5 kg., por hectárea en relación con el testigo.
3. Los beneficios de este polímero no se pudieron apreciar ampliamente debido al abundante temporal y a la mala nivelación del terreno que favoreció al estancamiento de agua.
4. El estancamiento de agua en los bloques I y II, afectó también los resultados del experimento y este hecho influyó en los resultados obtenidos; se creó que la producción puede ser mayor de 9 a 10 toneladas por hectárea.
5. Las características de este polímero se expresaron en mayor grado sobre la producción de biomasa que en la de grano.

8. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda continuar estudiando al polímero en el cultivo de maíz ya que puede ser una alternativa muy viable para la producción de este cereal en áreas de temporal.
2. Se recomienda seguir probando este polímero en el cultivo de maíz en diferentes localidades y utilizar otras dosis diferentes a las utilizadas en este trabajo.
3. Se recomienda probar el polímero en el cultivo de maíz de riego evaluando efectos en la producción y en el consumo de agua.
4. Evaluar el polímero en otros cultivos.

9. LITERATURA CITADA .

1. Acosta, P.G., 1987. Determinación de dosis óptima económica de fertilización y densidad de siembra en un maíz híbrido de temporal en el Municipio de Cocula, Jal. Tesis Profesional. Facultad de Agronomía. Universidad de Guadalajara. Jalisco, México.
2. Aldrich, S.R., 1974. Producción moderna de maíz. Editorial Hemisferio Sur. México.
3. Anónimo. 1984. Sinopsis de los resultados obtenidos con poliagua, realizados por el Elmbridge Borough Council. Elmbridge, Inglaterra.
4. Anónimo. 1987. What about of those new soil polymer? . Artículo del Sunset Magazine, April 1987. U.S.A.
5. Anónimo. 1988. Synopsis of results with Agrogel P-4 (poliagua) on oranges in Spain 1985. Valencia, España.
6. Anónimo. 1988. Sumario no. 11. IMPA, CNIA. Mayo - Agosto. México.
7. Anónimo. 1990. East Bay Municipal Utility District planting experiments using Agrogel P-4. U.S.A.

8. Anónimo. 1990. Polymer crystals are driving field crops to drink. U.S.A.
9. Anónimo. 1991. Reporte de campo de los experimentos realizados con el polímero Agrogel P-4 por el Ingenio de Tamazula S. A. Jalisco, México.
10. Bidwell, R.G.S., 1979. Fisiología Vegetal. Editorial AGT editor.
11. Black, C.A., 1975. Relación Suelo - Planta. Tomo I. Editorial Hemisferio Sur. Buenos Aires, Argentina.
12. Brauer, H.O., 1969. Fitogenética aplicada. Editorial Limusa. México.
13. De la Loma, J.L., 1982. Experimentación Agrícola. Segunda edición. Editoria UTHEA. México.
14. Delorit, R.J., et al., 1983. Producción agrícola. Séptima impresión. Editorial CECSA. México.
15. Devlin, R.M., 1980. Fisiología Vegetal. Tercera edición. Editorial OMEGA. Barcelona, España.

16. Díaz del Pino, A., 1954. El Maíz, cultivo, fertilización y cosecha. Editorial Bartolomé Trucco. México.
17. Escobedo, J.S., 1980. Evaluación de algunas prácticas de labranza para el mejor aprovechamiento del agua de lluvia en los cultivos maíz, frijol y cebada en zonas temporales de Zacatecas. Tesis Profesional. Facultad de Agronomía. Universidad de Guadalajara. Jalisco, México.
18. Estrada, G., 1986. Investigaciones de suelo para evaluación de sitios mediante factores abióticos en el Bosque-Escuela. Tesis Profesional. Facultad de Agronomía. Universidad de Guadalajara. Jalisco, México.
19. Froto, M.,L. 1990. Estudio de Agrogel P-4 en el cultivo de maíz bajo riego en la Comarca Lagunera. Reporte de trabajo. Seminarios Técnicos PRONAPA. Volumen 4 no. 5. Torreón, Coahuila, México.
20. Gallegos R.,A. y Crespo G.,M. 1991. Reporte de actividades 1984 - 1991 del Bosque-Escuela. IMCYP, Universidad de Guadalajara. Jalisco, México (Inédito).
21. Gallegos, R.,A. 1992. Consulta Personal. IMCYP, Universidad de Guadalajara. Jalisco, México.

22. García, H., M.A. 1984. El maíz en México. Tesis Profesional. Facultad de Agronomía. Universidad de Guadalajara. Jalisco. México.
23. Ibarra, J.L., et al., 1991. Acolchado de suelos con películas plásticas. Editorial LIMUSA. México.
24. IMCYP. 1991. Folleto informativo del Bosque - Escuela. Universidad de Guadalajara. Jalisco. México.
25. Jugenheimer, R.W., 1981. Maíz, variedades mejoradas, métodos de cultivo y producción de semillas. Editorial Limusa. México.
26. Kramer, P.J., 1974. Relaciones hídricas de suelos y plantas. Editorial Edufex. México.
27. Meza, M. 1988. Prueba de rendimiento y otras variables en maíces mejorados y experimentales para temporal deficiente en Calera, Zacatecas. Facultad de Agronomía. Universidad de Guadalajara. Jalisco, México.
28. Padilla, S.R., s/f. Bases técnicas de sistema zapopano de producción de maíz. Jalisco, México.
29. Pendleton, J.W., 1979. Maize, technical monograph: CIBA-GEIGY Agrochemical. Basle, Switzerland.

30. Pryor, A. 1968. Pretty Poly. Artículo de California Farmer Magazine. U.S.A.
31. Ray, P.M., 1983. La planta viviente. Editorial CECSA. México.
32. Rendón, L.A., et al., 1990. Uso del polímero hidratable Agrogel P-4 en plantaciones nuevas de agave azul tequilero (Agave tequilana Weber). Reporte de campo. Consultora Regional del Agave. Jalisco, México.
33. Reyes, C.,P. 1980. Diseño de experimentos aplicados. Segunda edición. Editorial TRILLAS. México.
34. Idem, 1985. Fitogenética básica y aplicada. Editorial AGI editor. México.
35. Richter, G. 1972. Fisiología del metabolismo de las plantas. Editorial CECSA. México.
36. Robles, M.A., 1990. Variedades de maíz para cierre de siembras y condiciones de sequía en Tototlán, Jalisco. Tesis Profesional. Facultad de Agronomía. Universidad de Guadalajara. Jalisco, México.
37. Robles, S.R., 1978. Producción de granos y forrajes. Segunda edición. Editorial LIMUSA. México.

38. Rojas, G.M. 1979. Fisiología vegetal aplicada. Segunda edición. Editorial Mac Graw Hill. México.
39. Topete, A. 1991. Apuntes de la materia de Experimentación agrícola. Facultad de Agronomía. Universidad de Guadalajara. Jalisco, México.
40. Winter, E.J., 1977. El agua, el suelo y la planta. Editorial Diana. México.
41. Zesapi, V.,P. 1990. Uso de poliacrilamida para aumentar la eficiencia de las técnicas de captación del agua de lluvia. Reporte de trabajo. Escuela de Agronomía. Universidad Autónoma de Zacatecas. Zacatecas, México.

Cuadro 1. PRODUCCION NACIONAL DE MAIZ .

ANO	SUPERFICIE (HA)	PRODUCCION (TON)
1900	4 053 583	2 309 096
1905	3 035 962	2 134 868
1910	5 412 941	2 705 789
1915	2 000 000	1 080 000
1920	2 928 379	2 348 560
1925	2 938 169	1 968 732
1930	3 075 143	1 376 763
1935	2 965 633	1 674 566
1940	3 341 701	1 639 687
1945	3 450 899	2 186 194
1950	4 327 722	3 122 042
1955	5 371 413	4 490 080
1960	5 558 413	5 419 782
1965	7 720 000	8 450 000
1970	7 439 684	8 879 384
1975	6 694 267	8 448 708
1980	6 955 201	12 383 243
1982	5 642 896	10 129 000
1983	7 276 323	13 061 000
1984	8 037 150	12 931 644

FUENTE : INEGI. Estadísticas Históricas de México (1985).

Cuadro 2. PRINCIPALES CULTIVOS A NIVEL NACIONAL .

Culti- vares	Sup. hectáreas		Total	Rend. ton./ha.	Producción (ton)
	Riego	Temporal			
Maíz	946 867	6 244 212	7 191 079	1.520	10 931 898
Frijol	206 214	1 374 013	1 580 227	0.600	948 713
Sorgo p. grano	578 131	818 168	1 397 299	2.997	4 188 090
Caña de azúcar	226 460	311 712	537 172	66.040	35 474 851
Pastos	63 889	443 493	507 382	14.019	7 112 904
Cártamo	324 743	104 329	429 072	1.435	615 561
Otros	1794 270	2353 436	4147 706	---	-----
SUMA	4803 123	11746 275	16549 398	---	-----
%	29.02	70.89			

FUENTE : DIRECCION GENERAL DE ECONOMIA RURAL. SARH, 1978. DATOS PREELIMINARES. (REYES, 1985).

**Cuadro 3. PRODUCCION DE CANA UTILIZANDO EL POLIMERO AGROGEL P-4
INGENIO DE TAMAZULA, S.A. CICLO PLANTA.**

DATOS ANALITICOS DE LABORATORIO DE CAMPO.

AREA APLICADA CON AGROGEL P-4.

VAR.	CICLO	EDAD MESES	BRIX.	SAC.	PUREZA	FIBRA	HUM.	RED.
L-60-14	PLANTA	15.5	20.58	18.35	89.16	12.60	70.3	0.073

SACAROSA APROVECHABLE: 17.46

No. DE TALLOS MOLEDEROS EN 20 MT. LINEALES: 194

PESO DE TALLOS EN 20 MT. LINEALES: 347 KG.

RENDIMIENTO POR HECTAREA: 144.699 TONS.

AREA TESTIGO

VAR.	CICLO	EDAD MESES	BRIX.	SAC.	PUREZA	FIBRA	HUM.	RED.
L-60-14	PLANTA	15.5	18.85	16.52	87.64	13.45	72.3	0.204

SACAROSA APROVECHABLE: 15.59

No. DE TALLOS MOLEDEROS EN 20 MT. LINEALES: 176

PESO DE TALLOS EN 20 MT. LINEALES: 270 KG.

RENDIMIENTO POR HECTAREA: 112.590 TONS.

Cuadro 4. PRODUCCION DE CANA UTILIZANDO EL POLIMERO AGROGEL P-4.

INGENIO DE TAMAZULA, S.A. CICLO SOCA.

DATOS ANALITICOS DE LABORATORIO DE CAMPO.

AREA APLICADA CON AGROGEL P-4.

VAR.	CICLO	BRIX.	SAC.	PUREZA	FIBRA	RED.	SACAROSA APROV.
L-60-14	SOCA	20.33	17.73	87.31	12.32	0.085	16.69

No. DE TALLOS MOLEDEROS EN 10 MT. LINEALES: 144

PESO DE TALLOS EN 10 MT. LINEALES: 186.25 Kg.

RENDIMIENTO POR HECTAREA: 189.00 TONS.

AREA TESTIGO.

VAR.	CICLO	BRIX.	SAC.	PUREZA	FIBRA	RED.	SACAROSA APROV.
L-60-14	SOCA	18.79	15.19	88.16	11.95	0.091	15.15

No. DE TALLOS MOLEDEROS EN 10 MT. LINEALES: 132

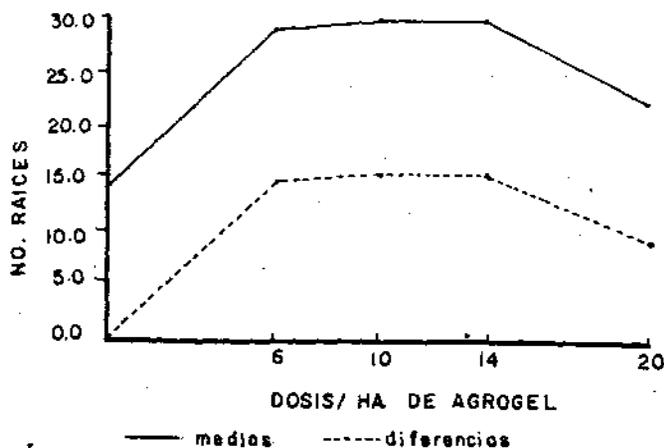
PESO DE TALLOS EN 10 MT. LINEALES: 158.25 Kg.

RENDIMIENTO POR HECTAREA: 126.60 TONS.

Cuadro 5. DIFERENCIACION DE RAICES EN EL AGAVE AZUL TEQUILERO POR EFECTO DEL AGUA ENCAPSULADA POR EL POLIMERO AGROGEL P-4.

TRATAMIENTO	MEDIA	DIFERENCIAS	INCREMENTO
no. DOSIS/HA.	no. RAICES	no. RAICES	%
1	0.0	13.8	0.0
2	6.0	28.3	105.1
3	10.0	29.2	111.6
4	14.0	29.2	111.6
5	20.0	22.3	61.6

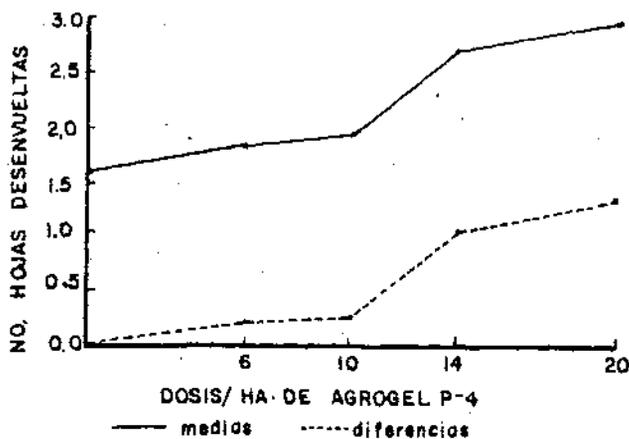
Figura 2. PRODUCCION DE RAICES NUEVAS, EN FUNCION A LAS DOSIS EMPLEADAS DEL PRODUCTO.



Cuadro 6. NUMERO DE HOJAS DESENVUELTAS EN EL AGAVE AZUL TEQUILERO POR EFECTO DEL AGUA ENCAPSULADA POR EL POLIMERO AGROGEL P-4.

TRATAMIENTO		MEDIA	DIFERENCIAS	INCREMENTO
No.	DOSIS	Hojas/planta	hojas/planta	%
1	0.0	1.6	0.0	0.0
2	6.0	1.8	0.2	12.5
3	10.0	1.9	0.3	18.9
4	14.0	2.7	1.1	68.8
5	20.0	3.0	1.3	87.5

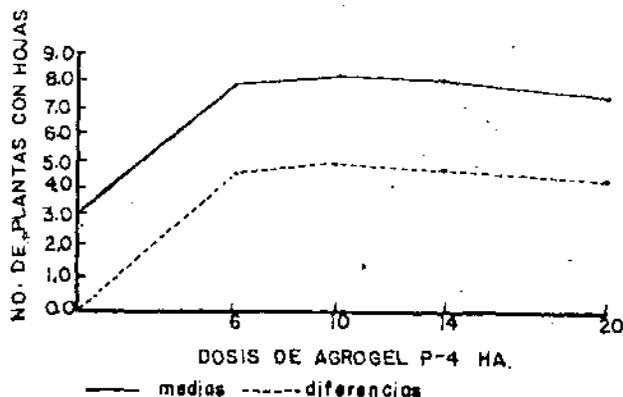
Figura 3. RESPUESTA DEL AGAVE AZUL AL AGROGEL P-4 EN HOJAS DESENVUELTAS O NUEVAS.



Cuadro 7. NUMERO DE PLANTAS CON HOJAS DESENVUELTAS EN EL AGAVE AZUL, TEQUILERO EN RESPUESTA AL AGUA ENCAPSULADA EN EL POLIMERO AGROGEL P-4.

TRATAMIENTO		MEDIA	DIFERENCIAS	INCREMENTO
No.	Dosis/ha.	No. plantas	No. plantas	%
1	0.0	3.3	0.0	0.0
2	6.0	7.8	4.5	136.4
3	10.0	8.3	5.0	151.5
4	14.0	8.0	4.8	142.4
5	20.0	7.5	4.3	127.3

Figura 4. RESPUESTA DEL AGAVE AZUL AL AGROGEL P-4. PLANTAS CON HOJAS DESENVUELTAS.



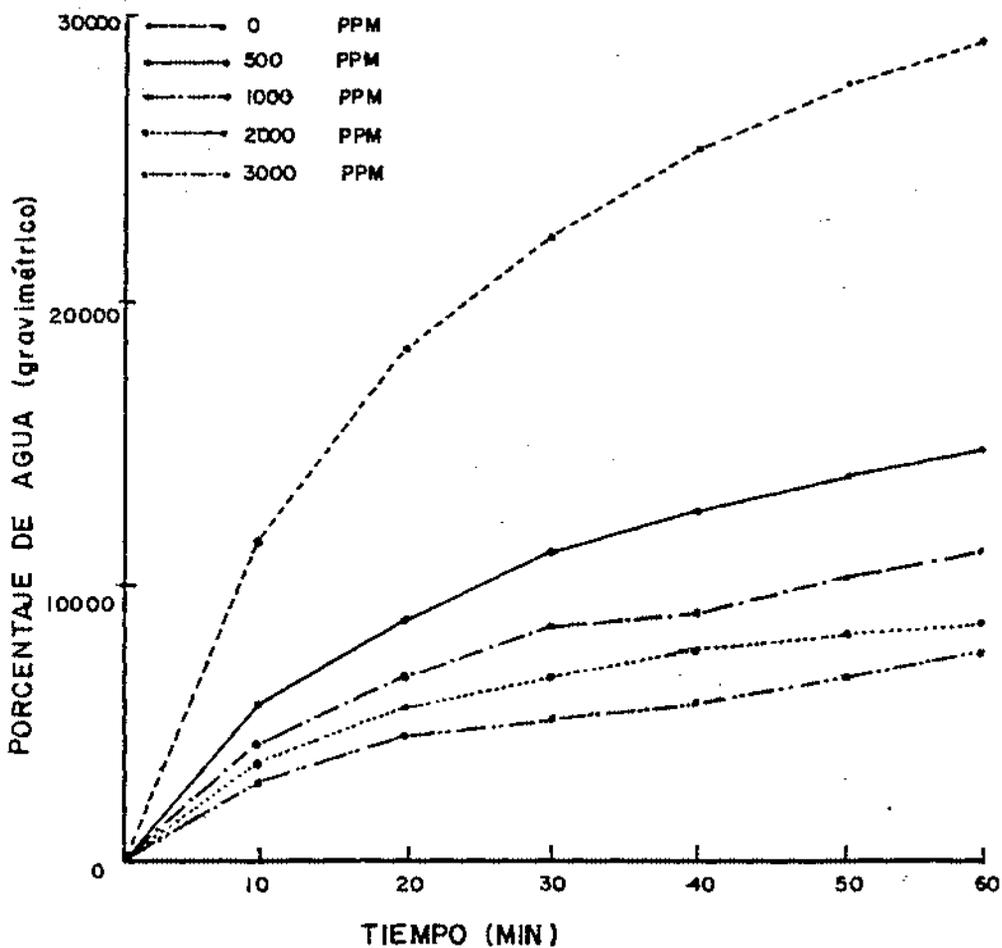
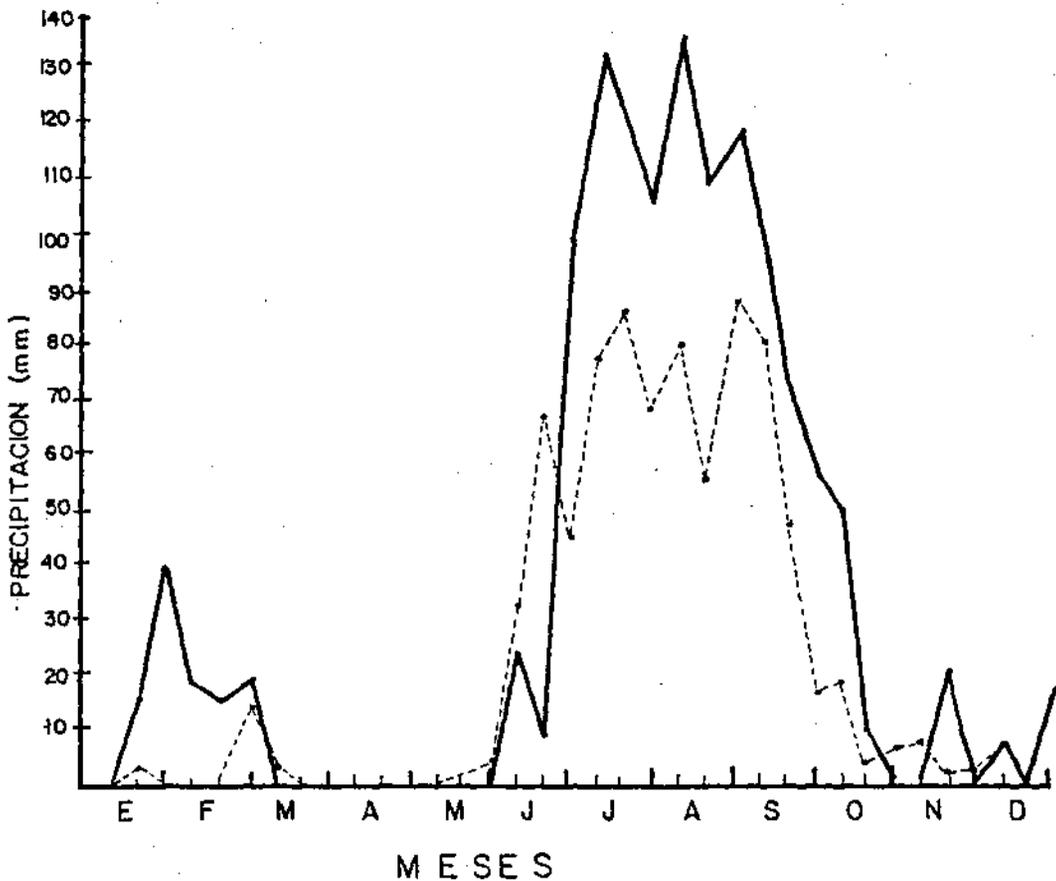


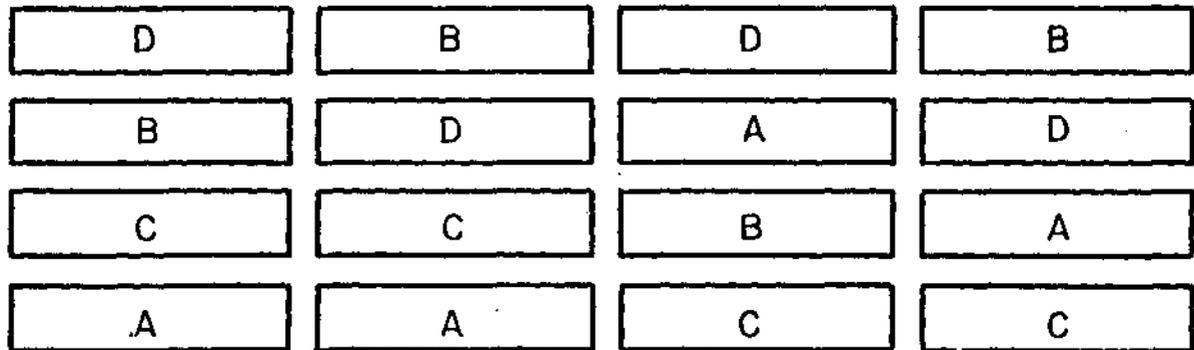
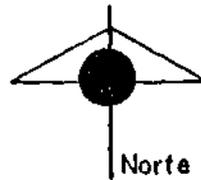
FIGURA I. VELOCIDAD DE ADSORCION DEL AGUA POR EL POLIMERO.



----- P(PROMEDIO 1986-1990) = 823 mm. anuales

———— P(1991) = 1200 mm.

FIGURA 5. PRECIPITACION PLUVIAL EN EL BOSQUE-ESCUELA



BLOQUES

I

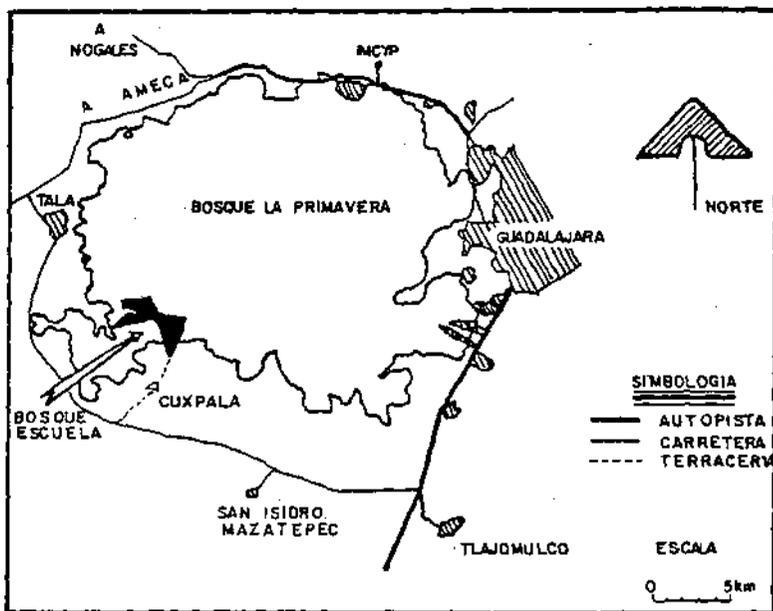
II

III

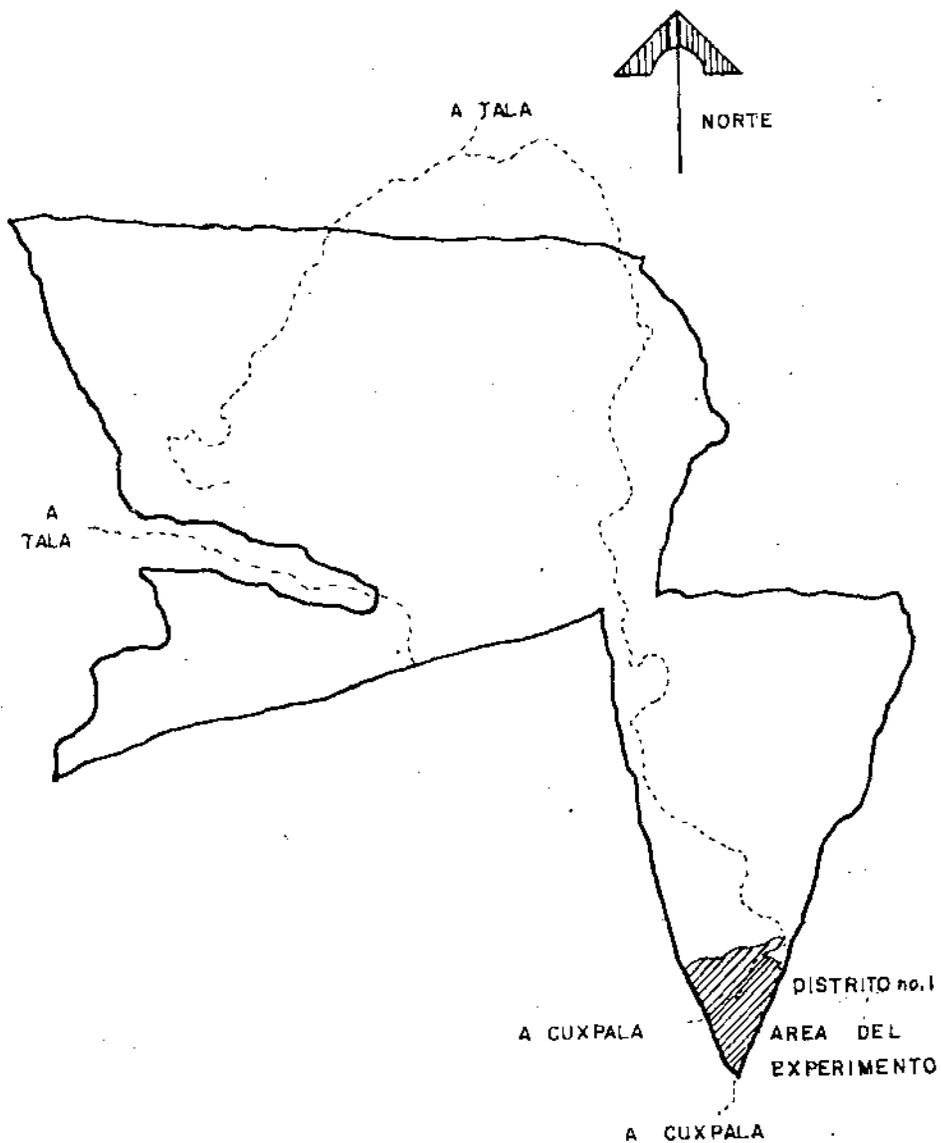
IV

ESCALA 1:200

FIGURA 6. DISTRIBUCION DE LAS PARCELAS EXPERIMENTALES EN CAMPO.



**MAPA I. LOCALIZACION DEL
BOSQUE - ESCUELA.**



MAPA 2. BOSQUE - ESCUELA