

01  
T(24)  
C. 3

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE AGRONOMIA

APROVECHAMIENTO DE LA CAPACIDAD DE RETENSIÓN  
DE HUMEDAD DEL SUELO, SOBRE EL RENDIMIENTO  
DEL CULTIVO DEL MAÍZ (*Zea mays*, híbrido H-5)  
EN LA UNIDAD DE RIEGO 3.3  
"SAN CRISTÓBAL ACASAGUASTLÁN"

TESIS



EN EL ACTO DE SU INVESTIDURA COMO

INGENIERO AGRONOMO

EN EL GRADO ACADÉMICO DE:

LICENCIADO EN CIENCIAS AGRICOLAS

Guatemala, Diciembre de 1975.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
BIBLIOTECA  
DEPARTAMENTO DE TESIS-REFERENCIA

P. de Q. Guate, enero 21.76

**RECTOR DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

**Dr. ROBERTO VALDEAVELLANO P.**

**JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE AGRONOMIA**

<b>Decano:</b>	<b>Ing. Agr. Carlos F. Estrada Castillo</b>
<b>Vocal Primero:</b>	<b>Ing. Agr. Salvador Castillo Orellana</b>
<b>Vocal Tercero:</b>	<b>Ing. Agr. Carlos G. Aldana G.</b>
<b>Vocal Cuarto:</b>	<b>Br. Julio Romeo Alvarez M.</b>
<b>Vocal Quinto</b>	<b>P.A. Víctor Manuel de León</b>
<b>Secretario:</b>	<b>Ing. Agr. Oswaldo Porres Grajeda</b>

**TRIBUNAL QUE EFECTUO EL EXAMEN  
GENERAL PRIVADO**

<b>Decano:</b>	<b>Ing. Agr. Carlos F. Estrada Castillo</b>
<b>Examinador:</b>	<b>Vocal 1o. Ing. Agr. Salvador Castillo O.</b>
<b>Examinador:</b>	<b>Ing. Agr. Eduardo Goyzueta</b>
<b>Examinador:</b>	<b>Ing. Agr. Mario René Moscoso</b>
<b>Secretario:</b>	<b>Ing. Agr. Oswaldo Porres Grajeda</b>



**DIVISION DE RECURSOS HIDRAULICOS**  
Dirección de Recursos Naturales Renovables  
Dirección General de Servicios Agrícolas  
Ministerio de Agricultura  
Sector Público Agrícola

7a ave 12-90, zona 13

Teléfono 63-8-82

Guatemala, C. A.

1  
No.

2: Fecha

26 noviembre 1975

Señor Decano de la  
Facultad de Agronomía  
Ing. Agr. Carlos F. Estrada Castillo  
Ciudad Universitaria.

Señor Decano:

En atención a la honrosa designación que la honorable Junta Directiva me hiciera, por este medio hago de su conocimiento que he asesorado y revisado la Tesis del Ing. Agr. Infieri JOSE FERNANDO AVILA PEREZ, que se titula:

"APROVECHAMIENTO DE LA CAPACIDAD DE RETENCION DE HUMEDAD DEL SUELO, SOBRE EL RENDIMIENTO DEL CULTIVO DEL MAIZ (Zea mays, híbrido H-5) EN LA UNIDAD DE RIEGO 3.3 -SAN CRISTOBAL ACASAGUASTLAN-".

El trabajo anterior, satisface todos los principios técnicos que establece la Universidad de San Carlos de Guatemala; por lo que me permito recomendar su aprobación y publicación.

Atentamente,

"D Y ENSEÑAD A TODOS"

  
Ing. Agr. Eduardo A. Pérez  
Colegiado No. 76  
Asesor

**HONORABLE JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE AGRONOMIA**

**HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

De acuerdo a las normas establecidas por la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de presentar a vuestra consideración el trabajo de tesis titulado: **APROVECHAMIENTO DE LA CAPACIDAD DE RETENSIÓN DE HUMEDAD DEL SUELO, SOBRE EL RENDIMIENTO DEL CULTIVO DEL MAÍZ (Zea mays, H-5) EN LA UNIDAD DE RIEGO 3.3 "SAN CRISTÓBAL ACASAGUASTLAN"**.

Habiendo cumplido con el último requisito para optar el título de **INGENIERO AGRÓNOMO** en el grado académico de **LICENCIADO EN CIENCIAS AGRÍCOLAS**.

Suscribiéndome de ustedes, respetuosamente,

*José Fernando Avila Pérez*  
(f) José Fernando Avila Pérez

**ACTO QUE DEDICO:**

**A DIOS TODOPODEROSO**

**A MI MADRE:**

**Ana Pérez de García**

**A MI ABUELA:**

**Josefina Argueta**

**A:**

**Ramiro García  
Benjamín Carrillo Vivas**

**A MI ASESOR DE TESIS:**

**Ing. Agr. Eduardo A. Ibañez**

**A MI AMIGO:**

**Ing. Agr. Edgar Alfredo Paniagua**

**A MIS PADRINOS DE GRADUACION.**

**A MIS COMPAÑEROS DE PROMOCION.**

**A QUIENES HICIERON POSIBLE ESTA TESIS.**

**A TODOS MIS AMIGOS.**

**DEDICO ESTA TESIS**

**A** Guatemala y El Salvador

**A** la Universidad de San Carlos de Guatemala

**A** la Facultad de Agronomía

**Al** Departamento de Operación y Conservación de distritos de Riego de la Dirección de Recursos Naturales Renovables.

**A** los trabajadores de la Unidad de Riego "San Cristóbal Acasaguastlán", así como a los de la Unidad de Riego "El Rancho".

## AGRADECIMIENTO:

Quiero dejar constancia de mi agradecimiento a las siguientes personas y entidades que en una u otra forma me prestaron su colaboración para la realización del presente trabajo.

- Al Departamento de Operación y de la Conservación de distritos de riego de la División de Recursos Naturales Renovables.
- A la División de Recursos Hidráulicos
- A los Trabajadores de la Unidad de Riego "El Rancho"
- A los Señores:

Eduardo A. Ibañez

Edgar Alfredo Paniagua

Mardoqueo Del Cid

Héctor Pérez

Ricardo Cojulum

## INDICE

	Página	
<b>I</b>	<b>Introducción</b>	<b>1</b>
<b>II</b>	<b>Revisión de literatura</b>	<b>3</b>
<b>III</b>	<b>Materiales y métodos</b>	<b>7</b>
	Localización	7
	Características Climáticas	7
	Características Generales de los suelos	9
	Propiedades Físico Químicas de los suelos de la parcela Experimental	10
	Disponibilidad de agua	13
	Descripción del Experimento	14
	Preparación del terreno y equipo	14
	Método de riego. Metodología estadística y Diseño experimental	14
	Cálculo del intervalo de riego	15
	Cálculo del uso consuntivo	15
	Cálculo de la lámina de agua	16
	Cálculo de la lámina de agua por aplicar	17
	Método de aplicación	19
	Descripción del Método de riego	19
	Medición del agua	19
	Determinación del calendario de riego	21
	Determinación de la humedad del suelo	21
	Trabajos propios del cultivo	22
	Siembra y Fertilización	22
	Control de insectos	23
	Cosecha	23
	Observaciones durante el cultivo	23
<b>IV</b>	<b>Resultados Experimentales</b>	<b>25</b>
	Crecimiento y desarrollo del cultivo	25
	Riegos	26
	Variaciones de la humedad en el suelo	27
	Eficiencia de almacenamiento del agua de riego	39
	Análisis estadístico de los resultados	
<b>V</b>	<b>Discusión</b>	<b>43</b>
<b>VI</b>	<b>Conclusiones</b>	<b>45</b>

	Página
<b>VII</b> <b>Recomendaciones</b>	<b>47</b>
<b>VIII</b> <b>Bibliografía</b>	<b>49</b>
<b>Apéndice</b>	

## I. INTRODUCCION

En la actualidad, Guatemala dispone de 17,270 hectáreas que se están irrigando con obras de riego ejecutadas por el Ministerio de Agricultura y, hasta el momento, no existen estudios que determinen los requisitos de agua y las frecuencias de riego que deben ser aplicados a los diferentes cultivos de las distintas unidades de riego de la República. El maíz es, definitivamente, el cultivo que sin excepción se puede desarrollar en todas las áreas regables en la actualidad.

El hecho de no tener estudios prácticos de campo que indiquen los requisitos de agua por cultivo repercute en la eficiencia del aprovechamiento del recurso agua. En algunos casos se abusa de él, y en otros no se llenan los volúmenes requeridos. Por consiguiente de continuarse con el empírico uso del agua, los rendimientos de los cultivos seguirán siendo bajos, la cantidad de hectáreas bajo riego será menor y llegará el momento en que las fuentes de agua van a ser insuficientes para cubrir la demanda de la totalidad de usuarios.

Los operarios de los canales de riego cuentan con muchos problemas en el suministro de agua; entre ellos se pueden mencionar los dos siguientes:

1. El estar sujetos a las necesidades subjetivas del agricultor teniendo que servir el riego, en el momento que se lo solicitan sin atender a un planeamiento establecido previamente, y sin conocer si aplican el volumen de agua necesario para auxiliar sus cultivos; y,
2. La escasez de estructuras aforadoras para la entrega del agua a nivel parcelario.

El presente estudio tiene como objeto fundamental, encontrar el intervalo de riego y su correlativa dosis de lámina de agua en cuatro distintos tratamientos, partiendo de la recomendación vertida por Minera (13), quien determinó que el Método de Christiansen es el más adecuado para calcular los requisitos de agua en los cultivos de los principales distritos de riego de la República. El experimento se condujo con el cultivo de maíz (*Zea mays*, L. Híbrido H-5) en la Unidad de Riego 3-3 "San Cristóbal Acasaguastlán" en el Departamento de El Progreso.

Se eligió la variedad híbrida de maíz H-5 por ser de las más adaptables a las condiciones ecológicas que privan en la localidad. También por unidad de área produce mejor rendimiento en grano y además, por la duración de su ciclo vegetativo, permite ser sembrado en más de dos cosechas al año, lo cual es muy significativo para las áreas de riego (3, 4, 5, 7, 17).

Además de la utilidad de tipo técnico agronómico de encontrar el tratamiento que produzca los mejores rendimientos en maíz, se tienen beneficios colaterales al poder regular los ciclos de riego lo que facilitará la operación de la unidad de riego, para surtir a la totalidad de los usuarios.



## II. REVISION DE LITERATURA

Francis y Turelle (9), mencionan que el maíz es un cultivo de clima cálido que necesita agua abundante durante todo su ciclo vital. Con el riego se puede desarrollar el maíz aún en regiones como las llanuras del norte de los Estados Unidos de América, que tiene lluvias inferiores a los 38 centímetros en todo su ciclo vegetativo

Dichos autores sostienen que las necesidades de agua del maíz son más elevadas durante el periodo de floración o jiloteo, y el nivel correcto de humedad en esta etapa es muy importante para lograr rendimientos adecuados, aun en regiones húmedas. Afirman que el maíz no necesita la misma cantidad de agua en todas las regiones y su requisito está condicionado por la precipitación pluvial, la temperatura ambiental, la humedad relativa, las horas luz, la duración de su ciclo vegetativo, las condiciones físicas y químicas de los suelos, la pericia del encargado del riego. El volumen total de agua está condicionado a la evaporación, la filtración, el desperdicio y, por la utilizada directamente por la planta. Considerando los extremos de las condiciones antes expresadas, los requisitos de agua durante todo el ciclo vegetativo de la planta pueden oscilar de 305 milímetros a 915 milímetros.

El Ministerio de Agricultura y Ganadería de El Salvador (7, 8), estudiando la distribución de la lluvia y su efecto en el cultivo, observó que su óptima condición era cuando se tenía una cantidad limitada de lluvia al principio del ciclo vegetativo, una mayor cantidad en la floración y una gradual disminución hasta el momento de la cosecha. Entre otras condiciones climáticas se determinó, también, que el maíz necesita suficiente luminosidad en todo su ciclo y una temperatura media de 25 grados centígrados.

Tomando en cuenta las anteriores consideraciones, y dadas las condiciones climáticas existentes en el Distrito de Riego del Valle de Zapotitlán, se estimó que el requisito de agua para el maíz es de 796 milímetros.

En el proyecto de Riego Piloto de Santa Rosalía, en Guatemala (11), se establece este requisito en la cantidad de 490 milímetros, y se recomienda aplicarlo en un volumen diario de 5 milímetros durante 105 días distribuidos en 6 riegos cada 12 días.

Otro aspecto muy importante de ser considerado debido a su íntima relación con la eficiencia en la utilización del agua por la planta, es el programa de fertilización. El efecto del riego se limita considerablemente si la planta no cuenta con el suministro adecuado de fertilizante.

Estudiando estos aspectos, Francis y Turelle (9), sostienen que el maíz bajo riego requiere mayores cantidades de fertilizante, especialmente de Nitrógeno, que el maíz de secano. Así mismo, recomiendan que para tener máximos rendimientos, se debe considerar una elevada población de plantas para aumentar la eficiencia en la utilización del agua de riego.

En el National Foods Institute de los Estados Unidos (14), determinaron que para las condiciones de Colorado, un buen rendimiento de maíz se obtiene aplicando la dosis adecuada de agua, sembrando altas densidades de población y, aplicando fertilizante en dosis elevada. Por lo general la fertilización favorece la penetración y el desarrollo de raíces facilitando así el

almacenamiento y aprovechamiento del agua. En terrenos secos el subsuelo profundo puede no tener agua disponible, pero en condiciones en que se almacena mayor humedad, esta se torna en agua de reserva aprovechable. La forma de poder llegar al agua almacenada en el subsuelo profundo se logra con programas adecuados de fertilización. En Iowa también se condujeron experimentos similares obteniendo que el maíz fertilizado extraía la humedad a profundidades hasta de 2.14 metros y el maíz sin fertilizar la obtuvo a menos de 1.53 metros. Esta diferencia de penetración de raíz, directamente relacionadas con la utilización del agua por la planta, produjo un aumento sustancial en el rendimiento, habiéndose aplicado en ambos casos igual cantidad de agua y estando ella almacenada en igualdad de circunstancias. En esta prueba se estimó que para producir un kilogramo de maíz se necesita 0.0602 metros cúbicos de agua para maíz fertilizado y 0.22575 metros cúbicos de agua cuando se trata de maíz sin fertilizar. Pruebas efectuadas en Missouri en un año que solamente hubo una precipitación pluvial de 127 milímetros durante la época del crecimiento, se observó que a pesar de la baja precipitación, el maíz no fertilizado dejó en el suelo mucha humedad utilizable. A pesar de lo antes expuesto sobre la importancia de la fertilización, ésta actúa únicamente como catalítico permitiendo el máximo aprovechamiento de la humedad disponible del suelo.

El Laboratorio de Salinidad de Suelos y Aguas de los Estados Unidos de América (1), sostiene que la distribución del agua, según la profundidad, afecta el gradiente hidráulico y la velocidad de infiltración del agua. Existan o no raíces activas, la humedad de las capas superficiales en un suelo permeable disminuirá más lentamente si el perfil está mojado a profundidad considerable que cuando lo está únicamente a poca profundidad y el suelo inferior está seco. Igualmente, la cantidad total de agua aprovechable en cualquier horizonte del suelo, depende de la profundidad del enraizamiento y de la velocidad o intensidad de transpiración del cultivo.

Francis y Turelle (9), sostienen que no toda el agua en el suelo está disponible o aprovechable. Esta varía según los diferentes tipos de suelo y, cuando la mitad de la humedad disponible se ha consumido es el momento de empezar a regar. Y en profundidad de suelo, en el caso del maíz, cuyas raíces alcanzan hasta 183 cms. (12), su valor medio se considera de 90 cms.

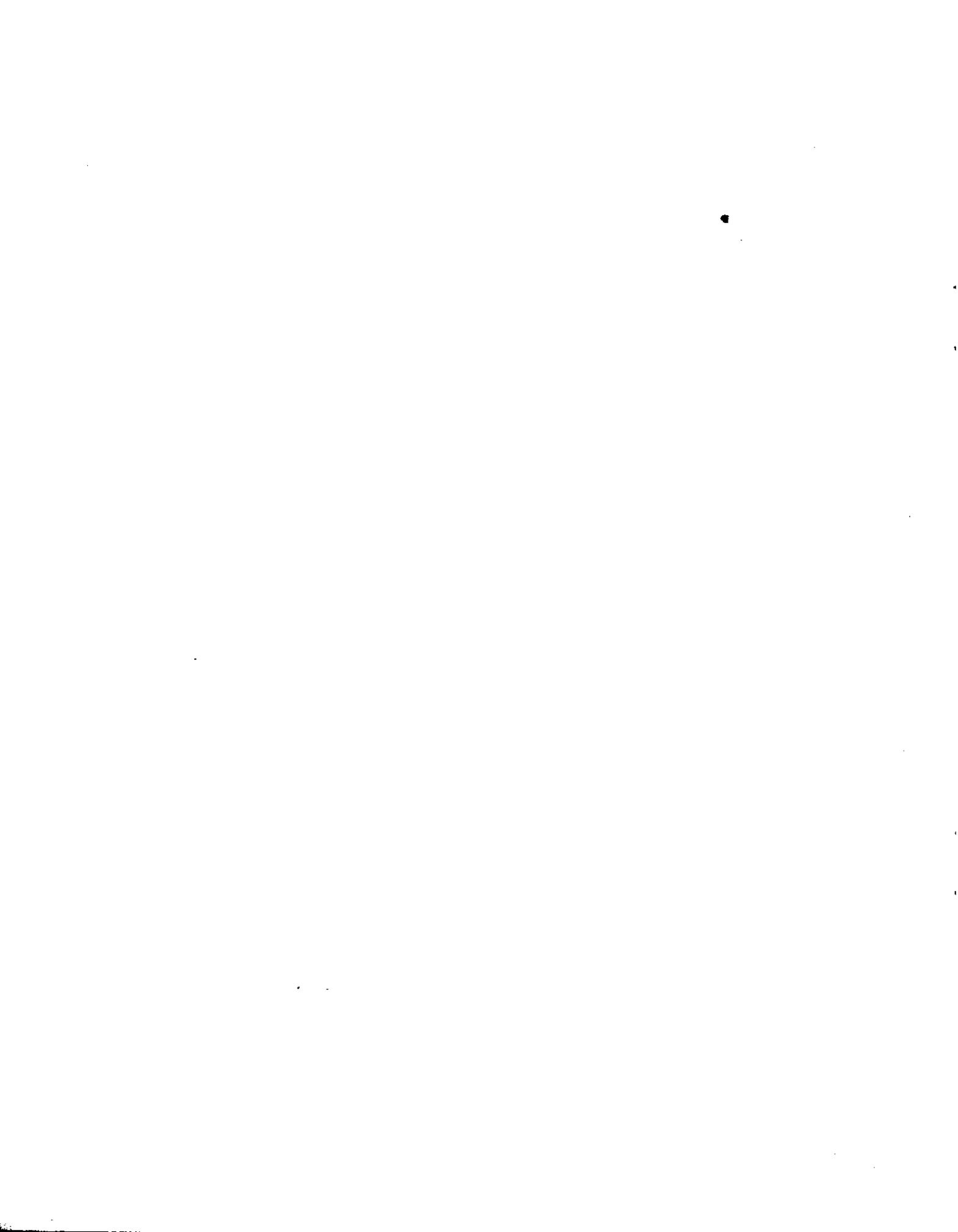
Con relación a la variedad de maíz usada en el experimento, el Cimmyt de México (4), menciona que el híbrido H-5, es el resultado de dos o más líneas endocriadas, su genealogía incluye dos líneas autofecundadas de Tuxpeño de México, una línea de Cuba 23 y una de Cuba 18 derivada en El Salvador, y ha mostrado ser una excelente alternativa cuando se consideran todas las localidades del área de México y Centroamérica.

El Ministerio de Agricultura y Ganadería de El Salvador (7), reporta que entre las principales características están las siguientes: La altura llega hasta 3.00 metros. Su período vegetativo finaliza a los 105 días de la siembra y el período madurativo a los 120 días. Su madurez es intermedia. El grano es de color blanco, semicristalino y grande. La distancia óptima de siembra es de 90 cms. entre surcos y 25 cms. entre plantas, con una densidad de población de 44,444 plantas por hectárea con un rendimiento de 5,831.4 Kgs./Ha., y utilizando 16.2 Kgs. por hectárea de semilla para la siembra.

En la Tabla I se resumen los rendimientos obtenidos en el maíz híbrido H-5 en distintos países.

Tabla 1 Rendimiento (Kg/Ha) producido por el maíz H-5 reportado en distintos países (3, 4, 5, 7, 17).

País	Año	Rendimiento (Kg/Ha)
México	66-67	4603
México	67-68	4738
México	1972	5197
El Salvador	1974	5831
Guatemala	1966	6039



### III. MATERIALES Y METODOS

#### Descripción del Area Experimental

##### Localización

El experimento se llevó a cabo en terrenos del señor César Ruiz, ubicado al occidente de la población del Municipio de San Cristóbal Acasaguastlán en el Departamento de El Progreso en donde se encuentra actualmente la Unidad de Riego No.3-3 "San Cristóbal Acasaguastlán", aproximadamente a la altura del Km.98 de la carretera al Atlántico.

Esta unidad de riego comprende las Vegas del río Motagua, conocidas como "La Estancia de Jesús", "Las Vegas" y el "Manzanotal".

Físicamente está limitada al norte por la Sierra de las Minas, al sur por el río Motagua, al oeste por el Caserío "Los Chagüites" y al este por el río Huyus.

La Unidad de riego tiene una extensión de 110.5 Has. correspondientes al 35 por ciento del área total que es posible irrigar.

Geográficamente está situada a  $14^{\circ} 56'$  latitud norte y  $89^{\circ} 51'$  longitud oeste. Su elevación sobre el nivel del mar es de 280 mts. aproximadamente (10).

La localización de la parcela experimental está representada en el plano que se encuentra en el Apéndice.

##### Características Climáticas

El clima predominante es Cálido Seco. Los datos básicos tomados en la Estación Metereológica del Valle de la Fragua (a 50 kms. de la Unidad de riego San Cristóbal), son representativos para la totalidad de la unidad de riego bajo estudio, dada la homogeneidad climática de este Valle.

Las principales características climáticas (10), resumidas en el período comprendido de 1955 a 1963 son las siguientes: las temperaturas máximas y mínimas registradas son de  $34.1^{\circ}$  centígrados y  $21.1^{\circ}$  centígrados respectivamente, el promedio es de  $27^{\circ}$  centígrados; la media mensual máxima registrada es de  $29.7^{\circ}$  centígrados y la mínima de  $24.5^{\circ}$  centígrados. La precipitación pluvial anual promedio es de 488.6 milímetros y la humedad relativa ambiental alcanza promedio de 64 por ciento.

Los vientos alcanzan una velocidad promedio de 2.4 metros por segundo. Los dominantes llegan del norte y su máxima velocidad no excede los 5 metros por segundo, con un promedio mensual de 3.3 metros por segundo.

En la región se observan dos estaciones definidas: verano (períodos sin lluvias), tiene una duración de 6 meses comprendida de noviembre a abril y es cálido seco con una

precipitación pluvial máxima de 0.5 cm; el invierno (período de lluvias), es cálido con una precipitación de 58.2 cm (79 o/o del total anual que se concentra en los meses de junio a septiembre, con una duración de 6 meses, de mayo a octubre.

La baja precipitación pluvial observada está condicionada por la orografía regional, que la concentran principalmente en las montañas. Esta no solo es baja sino que está mal distribuida en el año, lo que implica serios problemas a la agricultura del Valle, por que no permite diseñar planes de producción basados solamente en las expectativas de lluvia. Aún en la época en que la lluvia es más frecuente, se registran prolongados períodos de estiaje que producen pérdidas a la agricultura.

Los datos climáticos que sirvieron de base al experimento figuran en la tabla 2 y fueron obtenidos de la Estación Meteorológica de la Fragua, durante 3 años.

**Tabla 2** Datos Climatológicos utilizados para el Cálculo del Uso Consuntivo (9)

Mes	Precip. Pluvial (mm)	Temp. Media (°C)	Hum. Rel. (o/o)	Evap. (mm)	Veloc. Viento (Km/h)	Días de Lluvia
Enero	1.4	25.0	73	6.5	10.6	1
Febrero	4.8	25.1	71	8.6	12.6	2
Marzo	---	28.9	67	9.7	11.3	---
Abril	0.8	29.9	67	10.6	12.3	1
Mayo	131.9	29.1	71	8.0	7.5	5
Junio	124.0	27.2	79	5.9	7.3	8
Julio	116.5	26.7	79	5.9	9.0	12
Agosto	107.3	26.6	77	5.8	9.2	15
Sep.	91.7	26.6	77	5.1	7.1	12
Octubre	4.9	26.4	79	6.6	8.3	7
Nov.	18.3	26.0	78	6.3	5.5	4
Dic.	2.2	24.9	74	7.7	18.5	1
Totales	603.8	322.4	892	86.7	119.2	68
Promedio	50.3	26.9	74	7.2	9.9	---

**Nota:** Estación No.23-3-2 del Municipio de Estanzuela, Departamento de Zacapa.

## Características Generales de los Suelos

Los suelos de esta región son de aluvión, depositados por el río Motagua y asentados sobre roca sedimentaria del tipo terciario (10). Ocupan terrazas bajas en la margen izquierda del río Motagua, con pendientes moderadas, desarrollados por transporte y deposición reciente del suelo de las partes altas. No tiene un perfil bien definido y muestran poca diferencia en las características físico-químicas de sus horizontes, debido a que los diferentes factores de formación del suelo han actuado en forma mínima por lo que son considerados como azonales (2).

Estos suelos son aptos para la irrigación por ser profundos con textura mediana en todos los horizontes, su estructura es de bloques sub-angulares, medianos, débilmente desarrollados, permeables y mecanizables (10).

Algunas áreas presentan condiciones especiales como la textura ligera, la presencia de piedras en la superficie y a través del perfil y, relieve quebrado en el área cercana a los cerros.

En la mayoría de los perfiles el pH varía de 7.5 hasta 10.6. Los suelos no son sódicos, dado que los resultados de la conductividad eléctrica del extracto y la cantidad de sodio intercambiable no contiene concentraciones altas de sales. El sodio ( $\text{Na}^+$ ), existente en pocos horizontes de algunos perfiles no supera el 15o/o lo que es considerado como no dañino al crecimiento de las plantas, por presentar una textura ligera, una buena permeabilidad y un buen drenaje interno. Ello permite un lavado fácil del exceso de sodio. Según la Clasificación Agrológica de los suelos de la Unidad de Riego bajo estudio, son agrupados entre la clase I, cuya descripción corresponde a suelos arables, de alta productividad al ser usados bajo riego y, no presentan limitaciones para el uso y manejo de la irrigación. Las características de sus horizontes, atendiendo a sus profundidades, se describen a continuación:

### Horizonte A:

De 0 a 26 centímetros. Suelo Franco, topografía plana, permeable, estructura en bloques subangulares medianos y moderadamente desarrollados. En seco tiene consistencia suave; en húmedo es friable; su color es pardo (10 YR 5/3, seco) y pardo oscuro (10 R 3/3, húmedo) (2). Su reacción es medianamente alcalina, con una cantidad mediana de materia orgánica. Sufre ligera erosión.

### Horizonte B:

De 26 a 50 centímetros. Suelo franco, con estructura en bloques subangulares medianos, débilmente desarrollados; la consistencia en seco es suave y en húmedo es friable, su color es pardo grisáceo oscuro (10 YR 4/2, seco) y pardo grisáceo muy oscuro (10 YR 3/2, húmedo). Su reacción es fuertemente alcalina, con mediana cantidad de materia orgánica.

### Horizonte C:

De 50 a 125 centímetros. Suelo franco limoso, con estructura en bloques subangulares medianos, débilmente desarrollados; la consistencia en seco es suave y en húmedo

es friable. Su color es pardo pálido (10 YR 6/3, seco) y pardo (10 YR 4/3, húmedo). Su reacción es muy fuertemente alcalina con muy baja cantidad de materia orgánica.

### Propiedades Físico Químicas de los Suelos de la Parcela Experimental

Con el fin de establecer las principales propiedades físicas y químicas del suelo, se realizó un muestreo a 3 niveles de profundidad, siendo la primera muestra de 0 a 30 centímetros, la segunda de 30 a 60 centímetros y la tercera de 60 a 90 centímetros, habiéndose seleccionado estas profundidades de acuerdo al criterio agronómico de riego basado en la capacidad de extracción efectiva de agua por las raíces de la planta de maíz (12); la planta extrae el 70 por ciento de humedad aprovechable en el suelo por la región radicular localizada en los primeros 90 centímetros; de aquí es que se seleccionó esta profundidad total para ser muestreada.

Los análisis físicos y químicos fueron realizados en el Laboratorio de Suelos y Aguas de la Unidad de Estudios y Proyectos del Ministerio de Agricultura.

La tabla siguiente muestra los resultados obtenidos del análisis físico del suelo del área bajo estudio.

**Tabla 3. Propiedades Físicas del suelo del área experimental.**

Propiedades Físicas	Profundidad (cm)		
	0-30	30-60	60-90
o/o Arcilla	33.78	22.13	17.01
o/o Limo	43.07	42.40	47.35
o/o Arena	23.15	35.47	35.90
Textura (1)	Franco Arcilloso	Franco	Franco
Capacidad de Campo (2*)	43.46	29.52	20.95
Punto de Marchitez Permanente (2*)	21.66	12.54	9.38
Densidad Aparente ( $g/cm^3$ ) (3*)	1.1536	1.0932	1.1600

(1) Determinación por el Método de la Probeta Bouyucos

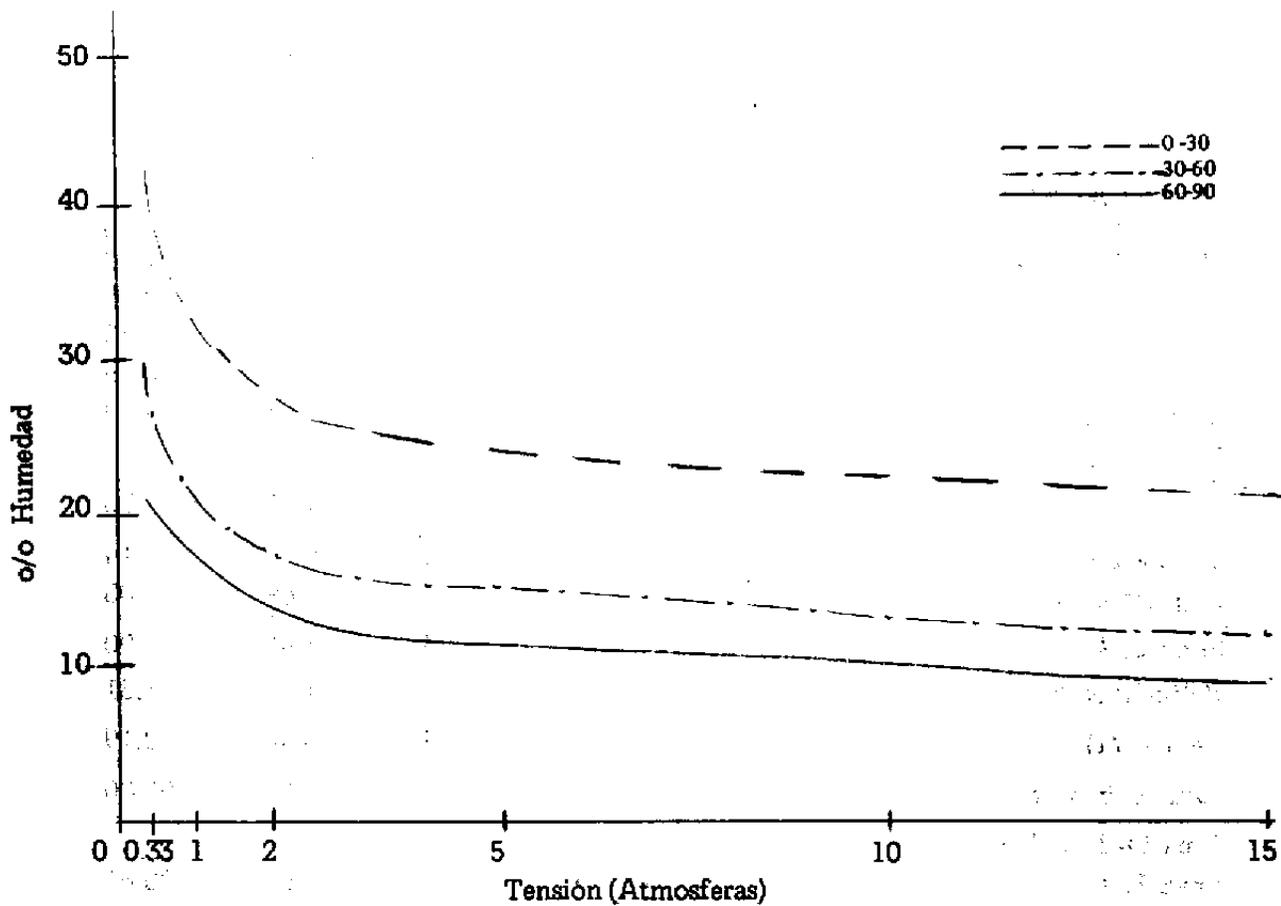
(2) Determinación por el Método de la Olla de Presión

(3) Determinación por el Método de la Probeta

(\*) Determinación del por ciento de humedad del suelo en base a suelo seco.

La curva de la Retención de Humedad del Suelo, se trazó por el Método de la Olla de Presión, determinándose la retención de humedad existente a las presiones atmosféricas de 0.33, 1, 2, 5, 10 y 15, cuyos resultados se expresan en la gráfica siguiente:

Gráfica 1. Curva de Retención de Humedad del Suelo.



Los resultados del análisis químico de los suelos se presentan resumidos en la Tabla siguiente.

*(The table content is extremely faint and illegible in the provided image. It appears to be a summary of chemical analysis results for the soils.)*

Tabla 4. Principales Características Químicas del Suelo del Area Experimental.

Características Químicas	Profundidad(cm)		
	0-30	30-60	60-90
pH	7.8	8.2	8.4
Conductividad Eléctrica (mmhos/cm a 25°C)	1.25	0.52	0.54
Materia Orgánica (o/o)	3.66	2.57	1.70
Ca <sup>++</sup> +Mg <sup>++</sup> (meq/l)	8.10	2.40	2.55
Na <sup>+</sup> (meq/l)	3.30	1.55	1.60
K <sup>+</sup> (meq/l)	1.25	0.16	0.25
Suma de Cationes	12.70	4.11	4.59
CO <sub>3</sub> <sup>=</sup> (meq/l)	-----	-----	-----
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (meq/l)	3.25	1.82	1.73
Cl <sup>-</sup> (meq/l)	0.41	0.95	1.14
SO <sub>4</sub> <sup>=</sup> (meq/l)	2.57	0.69	1.03
Suma de Aniones	6.23	3.46	3.90
Relación de Absorción de Sodio	2.01	1.42	1.51
Fe (meq/l)	0.05	-----	0.19
Saturación del Suelo (o/o)	50.89	56.07	50.80
Capacidad total de Intercambio (meq/100 g)	30.37	30.60	23.61
Calcio Intercambiable (meq/100g)	22.56	27.61	17.14
Magnesio Intercambiable (meq/100g)	9.58	10.30	10.61
Sodio Intercambiable (meq/100g)	0.58	0.49	0.45
Potasio Intercambiable (meq/100g)	0.76	0.54	0.62
Clasificación por Salinidad	Normal	Normal	Normal

Al evaluar los resultados de Laboratorio, se observa que tanto las características físicas como las químicas reflejan valores que confirman los conceptos generales vertidos al exponer las características generales de los suelos de la Unidad de Riego; principalmente en lo que se refiere a los valores de Conductividad Eléctrica del extracto de pasta saturada y los niveles de Cationes Intercambiables en los que no se reporta concentraciones tóxicas de sales. El Sodio contenido en las distintas profundidades de suelos tampoco alcanza niveles fuera de los críticos permitidos.

La única diferencia que se detecta, es que los primeros 30 centímetros tiene una textura Franco Arcillosa, que no es similar a la de los dos perfiles inferiores, los que tienen una textura Franca.

### Disponibilidad de Agua

El area de la unidad de riego tiene como fuentes potenciales de agua: el río Motagua, varias quebradas de invierno, pequeños rios que descienden de la Sierra de las Minas, y el agua subterranea. El desarrollo agricola de la zona no puede depender de las quebradas de invierno y de los pequeños rios mencionados, dado su bajo caudal de estiaje.

El agua subterranea no se ha investigado aún por considerarse que su desarrollo y uso producirá un incremento en los costos con relacion al proyecto que ya existe en operación, por lo tanto, es el rio Motagua la fuente de agua mas importante para los fines del riego. Este rio tiene un caudal minimo de 12 m<sup>3</sup>/s. a la altura de la poblacion de El Rancho el que es suficiente para cubrir las necesidades de la unidad

El analisis de Laboratorio de las aguas del rio Motagua, determinó que su calidad es buena para el riego y corresponde a la clase C<sub>1</sub>S<sub>1</sub> de acuerdo con la clasificación propuesta por el manual 60 USDA, es decir que son aguas de baja salinidad y escaso contenido de sodio que las hacen aptas para el riego prolongado sin que se esperen daños al suelo y a los cultivos.

El analisis de las muestras de agua del rio Motagua, se encuentra expresado en la tabla que continua.

Tabla 5. Características químicas del agua de riego.

#### Característica

pH	7.55	
Conductividad Electrica	2.25	C.E X 10 <sup>6</sup> a 25° C
CATIONES	meq/lt	
Mg	0.60	
Ca	1.87	
Na	1.75	
K	0.14	
Suma de Cationes	3.86	
ANIONES	meq/lt	
CO <sub>3</sub>	0.90	
HCO <sub>3</sub>	0.43	
Cl	0.30	
SO <sub>4</sub>	0.00	
NO <sub>3</sub>	0.00	
Suma de Aniones	1.63	
Sales Solubles totales	2.38	
Relacion de Adsorcion de sodio	1.76	
Clasificación segun Riverside C S		
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> RES	0.00	
o/o Sales solubles	45.34	

## Descripción del Experimento

### Preparación del terreno

Previo a la preparación del terreno se realizó un levantamiento para nivelar adecuadamente la superficie del mismo, con los datos topográficos obtenidos se hicieron los trazos de las parcelas y la construcción de la acequia de cabecera, la compuerta y la instalación de la base de apoyo para la boca de salida de los sifones. La longitud de las mangueras de polietileno, se determinó de acuerdo a las dimensiones de las parcelas.

El terreno fue debidamente preparado con arado de discos en forma cruzada y una pasada de rastra; nivelándose el suelo posteriormente hasta quedar debidamente preparada la cama sembrera.

### Metodología Estadística y Diseño Experimental

El uso consuntivo del cultivo se calculó por el método de Christiansen determinándose los intervalos con sus láminas proporcionales.

Los cuatro tratamientos en que consistió el experimento fueron:

- |                  |   |
|------------------|---|
| Tratamiento I:   | Lámina neta de 2.16 cm de agua a intervalos de aplicación cada 9 días.  |
| Tratamiento II:  | Lámina neta de 2.88 cm de agua a intervalos de aplicación cada 12 días. |
| Tratamiento III: | Lámina neta de 3.60 cm de agua a intervalos de aplicación cada 15 días. |
| Tratamiento IV:  | Lámina neta de 4.32 cm de agua a intervalos de aplicación cada 18 días. |

Se plantea la hipótesis nula de que "Los rendimientos de maíz no se verán afectados por los intervalos de riego, dado que la lámina de agua total en el ciclo del cultivo es la misma calculada por el uso consuntivo para dicho cultivo.

Los cuatro tratamientos fueron evaluados en un Diseño experimental de Bloques al Azar con cuatro repeticiones habiéndose establecido 16 parcelas cuya área bruta fue de 6 mts. de largo por 4.5 mts. de ancho, cada una con 5 surcos lo que hace 27 mts<sup>2</sup> por parcela y 432 mts<sup>2</sup> ocupados por la totalidad del área experimental. El área neta en la que se tomaron los datos consistió en eliminar los dos surcos extremos de cada parcela y cincuenta centímetros en los dos bordes de cada surco lo que dió el área de 13.5 mts<sup>2</sup>.

### Método de Riego

Se determinó usar el método por gravedad según el sistema de surcos superficiales por ser el común en la zona, además de que también el riego en el cultivo del maíz se efectúa por este sistema, por no necesitar el agua entrar en contacto con la planta.

### Cálculo del Intervalo de Riego

Para establecer los intervalos de riego se pretendió evaluar el criterio **combinado** siguiente:

a) Dadas las características físicas de los suelos bajo estudio, se espera que a mayor intervalo de riego los cambios de humedad que se suceden en el suelo sean más bruscos, lo que podría dar como resultado una reducción en la eficiencia en la relación **agua, suelo, planta**.

b) Dado que la utilización de agua para riego en un Distrito de esta naturaleza es comunal, lo práctico es regar a intervalos fijos y no atendiendo individualmente las necesidades de cada cultivo por cada usuario.

Basándose en ambos aspectos se estableció estudiar cuatro intervalos entre los rangos que se consideró como factibles de usar, dada la capacidad de rotación en distribución de agua priva en la unidad de riego bajo estudio. Los intervalos considerados para su estudio son de 9, 12, 15 y 18 días respectivamente.

Una vez conocido cada intervalo se calculó el uso consuntivo para conocer la lamina de agua neta y real de aplicación.

### Cálculo del uso Consuntivo

Para determinar el consumo de agua se partió de la recomendación dada por Minera (13), de utilizar la metodología de Christiansen, que resultó ser el método más confiable en el cálculo de Evapotranspiración potencial comparado contra los otros métodos existentes.

Para establecer la necesidad que el maíz tiene de agua, se partió de los datos mensuales de evapotranspiración potencial (mm/mes) ya calculados por Minera (13) obtenidos por la fórmula de Christiansen:

$$ETP = K R C KRCt Ch Cs Cw Ce$$

En donde ETP = Evapotranspiración potencial

K = Constante

R = Radiación extraterrestre

Ct = Coeficiente de Temperatura

Ch = Coeficiente de humedad relativa

Cs = Coeficiente de luz solar (sin dimensionales)

Cw = Coeficiente de viento (sin dimensionales)

Ce = Coeficiente de elevación (sin dimensionales)

De igual manera, tomando como base el cálculo del coeficiente de desarrollo del cultivo (Kd) propuesto por Hansen (16) se obtuvo el uso consuntivo (U.C) en la siguiente forma:

$$U C = ETP \times Kd$$

El coeficiente de desarrollo del cultivo (Kd) para cada mes en que se llevó a cabo el experimento se tomó el calculado en el Manual de Operación, Conservación y Tecnificación de Distritos de Riego volumen 2 de la Dirección de Recursos Hidráulicos de Guatemala (16), para el maíz.

Tabla 6. Cálculo del Uso Consuntivo

Mes	ETP (cm)	Kd	U.C.	U.C. Acumulado	U.C.(día)	U.C.(día) Acumulado
Abril	18.897	0.41	7.75	7.75	0.26	0.66
Mayo	11.810	0.81	9.57	17.32	0.31	0.57
Junio	7.574	0.92	6.97	24.29	0.23	0.80
Julio	6.937	0.65	4.51	28.80	0.15	0.95

Cálculo del Uso Consuntivo total = 28.80 cm

Uso Consuntivo diario promedio = 0.24 cm

Una vez establecido cada intervalo, así como el uso consuntivo total y el uso consuntivo diario promedio, se procedió a calcular la respectiva lámina de aplicación por intervalo.

#### Cálculo de la Lámina de agua

Tomando en cuenta las características físicas del terreno y el Uso Consuntivo calculado, se procedió al cálculo de la capacidad de almacenamiento de agua en el suelo en la zona radical efectiva de la planta. Esto queda expresado por la siguiente fórmula (12)

$$d = \frac{cc - pmp}{100} \times Da \times Zr$$

En donde:

- d = Lámina de agua a ser aplicada, en centímetros.
- cc = Capacidad de campo en el suelo, en por ciento.
- pmp = Punto de marchitez permanente del suelo, en por ciento.
- Da = Densidad aparente del suelo en gr/cc.
- Zr = Profundidad efectiva de la raíz, en centímetros.

Tabla 7. Cálculo de la Lámina de Agua

Profundidad	cc	pmp	Da	Zr	d	d acum
0-30 cm	43.46	21.66	1.1536	30	7.55	7.55
30-60 cm	29.52	12.54	1.0932	30	5.57	13.12
60-90 cm	20.95	9.38	1.1600	30	4.02	17.14

Lámina de riego aprovechable a 90 cm de profundidad = 17.14 cm.

Para el cálculo de la eficiencia del almacenamiento de agua en el suelo, partiendo de las constantes físicas de capacidad de campo y punto de marchitez permanente para deducir la capacidad de retención de humedad del suelo (TRAM), rango que también se denomina Humedad Aprovechable. De este rango de TRAM se obtiene uno más pequeño, RAM, que se considera como el rango deseable de humedad en el suelo, para un cultivo en particular, según Gundersen (12).

Para este estudio RAM fue estimado como el 70o/o de la humedad aprovechable, que equivale a una lámina de agua de 12 centímetros.

#### Cálculo de la Lámina de agua por aplicar

Una vez, calculado el Uso Consuntivo diario promedio y los intervalos de riego, se calculó la lámina de riego por aplicar partiendo de la siguiente fórmula (16)

$$I.R. = \frac{LRA}{UCd}$$

En donde:

- I.R. = Intervalo de riego
- LRA = Lámina de riego por aplicar
- UCd = Uso consuntivo diario promedio

Substituyendo términos tenemos que:

$$I.R. = \frac{12}{0.24} = 50 \text{ días}$$

O sea que dicha lámina se gastará en un intervalo de 50 días. Este intervalo calculado se relacionó con los intervalos definidos con anterioridad para conocer la lámina de aplicación para cada uno de los intervalos propuestos como se observa en los siguientes cálculos:

Entonces si en:

$$\begin{array}{l}
 50 \text{ días} \text{-----} 12 \text{ cm} \\
 9 \text{ días} \text{-----} X \\
 \\
 50 \text{ días} \text{-----} 12 \text{ cm} \\
 - \\
 12 \text{ días} \text{-----} \\
 \\
 50 \text{ días} \text{-----} 12 \text{ cm} \\
 \\
 15 \text{ días} \text{-----} X \\
 \\
 50 \text{ días} \text{-----} 12 \text{ cm} \\
 \\
 18 \text{ días} \text{-----} X
 \end{array}
 \qquad
 \begin{array}{l}
 = \frac{9 \times 12}{50} = 2.16 \text{ cm} \\
 \\
 = \frac{12 \times 12}{50} = 2.88 \text{ cm} \\
 \\
 = \frac{15 \times 12}{50} = 3.60 \text{ cm} \\
 \\
 = \frac{18 \times 12}{50} = 4.32 \text{ cm}
 \end{array}$$

Utilizando el criterio vertido por Gundersen (12), se estima que las pérdidas de agua dado el sistema de aplicación a nivel de parcela llegan a ser el 50o/o. En base a esta cifra la lámina real a aplicarse para cada intervalo serán:

Tratamiento	I	:	$2.16 / 0.50 = 4.32 \text{ cm.}$
Tratamiento	II	:	$2.88 / 0.50 = 5.76 \text{ cm.}$
Tratamiento	III	:	$3.60 / 0.50 = 7.20 \text{ cm.}$
Tratamiento	IV	:	$4.32 / 0.50 = 8.64 \text{ cm.}$

Conocida la lámina real por aplicar se multiplicó por el área a ser regada para conocer el volúmen teórico de agua que se debía aplicar en cada riego.

Tratamiento	I	:	$4.32 \times 270000 \text{ cm}^2 = 1166400 \text{ cc}$
Tratamiento	II	:	$5.76 \times 270000 \text{ cm}^2 = 1555200 \text{ cc}$
Tratamiento	III	:	$7.20 \times 270000 \text{ cm}^2 = 1944000 \text{ cc}$
Tratamiento	IV	:	$8.64 \times 270000 \text{ cm}^2 = 2332800 \text{ cc}$

Como cada parcela tenía cinco surcos, se dividió el volúmen de agua por aplicar entre cinco, para conocer el volúmen de agua requerido por surco.

Tratamiento	I	:	$11664/5 = 233280 \text{ cc} = 233.28 \text{ l}$
Tratamiento	II	:	$15552/5 = 311040 \text{ cc} = 311.04 \text{ l}$
Tratamiento	III	:	$19440/5 = 388800 \text{ cc} = 388.80 \text{ l}$
Tratamiento	IV	:	$23328/5 = 466560 \text{ cc} = 466.56 \text{ l}$

### Método de Aplicación

Con el experimento se aplicaron dos clases de riegos: Uniformes y diferenciados.

Los riegos uniformes son los que se dan a todas las parcelas en la misma fecha y con la misma cantidad de agua. En el experimento se dieron dos riegos uniformes; el primero se aplicó el 17 de marzo previo a la nivelación del terreno para facilitar el trabajo y asegurar una buena preparación del suelo. El segundo riego de este tipo se aplicó el 24 de marzo con dos días de anticipación a la siembra para garantizar de esta forma una humedad adecuada que favoreciera la germinación de la semilla.

La cantidad de agua aplicada con cada uno de estos riegos no fue medida y el riego se suspendió hasta observar una completa saturación del terreno.

Los riegos diferenciados son aquellos que se dosificaron de acuerdo a las láminas de agua correspondientes a cada tratamiento.

### Descripción del Método de Riego

El riego se daba por surcos, los cuales tenían el fondo a nivel y estaban cerrados por sus extremos.

Los riegos diferenciados, que se llevaron a cabo se dieron en cantidades conocidas de antemano, se suministraban surco por surco. Los litros de agua por surco que se dieron en los riegos diferenciados, variaba según la cantidad de agua que se daba por tratamiento como se indica a continuación.

Tabla 8. Cantidad de Agua Aplicada por Riego

Tratamiento	Lámina cc/Surco	l / Surco
I	233280	233.28
II	311040	311.04
III	388800	388.80
IV	466560	466.56

El volumen de agua de los tratamientos que se entregaban a cada surco, se medía con sifones de polietileno de 2" de diámetro. El agua provenía de una acequia colocada en la cabecera del campo experimental y del cual se derivaba con el sifón.

### Medición del Agua

El caudal de agua que sale por un sifón está dado por la siguiente fórmula (15)

En donde

Q =  $K C d A 2gh$

Q = Caudal de agua en l/seg

k = Coeficiente de conversión para transformar cc/seg a ls/seg. En este caso k: 1/1000

- Cd** = Coeficiente de descarga del sifón, en este caso Cd: 0.785  
**A** = Area transversal del flujo en  $\text{cm}^2$   
**g** = Aceleración de la gravedad  $9.8 \text{ cm/seg}^2$   
**h** = Carga de agua en cm. en este caso es la diferencia de nivel entre la superficie del agua en la acequia y el centro de la boca de salida del sifón.

Si hacemos  $k \text{ Cd A } 2g = K$ , la fórmula anterior se transforma en

$$Q = K h$$

Luego basta saber el valor de "h" para saber el valor de "Q" como  $Q = v/t$ : (Volúmen de agua en litro, tiempo en segundos). Para aplicar un determinado volúmen bastará con despejar "t" y tenemos  $t = v/Q$ .

Se construyó una tabla para aplicar volúmenes conocidos haciendo un registro en el que se muestre el tiempo necesario en minutos para que el sifón descargue el volúmen deseado, según la carga de agua. En el caso del sifón de 2" de diámetro la carga debe ser mayor de 7 cm. para que funcione bien y no es conveniente usar cargas mayores de 15 cm. (2). Sustituyendo términos en la fórmula anterior se tiene que los volúmenes de agua descargados por el sifón de 2" de diámetro por segundo son:

- Carga de 7 cm  $Q = 1.379 \text{ l/s}$   
 Carga de 8 cm  $Q = 1.474 \text{ l/s}$   
 Carga de 9 cm  $Q = 1.560 \text{ l/s}$   
 Carga de 10 cm  $Q = 1.649 \text{ l/s}$   
 Carga de 11 cm  $Q = 1.728 \text{ l/s}$   
 Carga de 12 cm  $Q = 1.805 \text{ l/s}$   
 Carga de 13 cm  $Q = 1.879 \text{ l/s}$   
 Carga de 14 cm  $Q = 2.018 \text{ l/s}$

**Tabla 9.** Tiempo de aplicación (minutos) según la carga de agua (h) para varios volúmenes de agua, usando un sifón de polietileno de 2" de diámetro.

Carga (h)	233.28	Volumenes 311.04	1/surco 388.80	466.56
7	2.82	3.76	4.70	5.64
8	2.64	3.52	4.40	5.27
9	2.49	3.32	4.25	4.98
10	2.36	3.14	3.93	4.72
11	2.25	3.00	3.75	4.50
12	2.15	2.87	3.59	4.31
13	2.07	2.76	3.45	4.14
14	1.93	2.57	3.21	3.85

Para medir la carga de agua "h" en el campo se trabajó con un caballete de madera, graduado en centímetros, conocido este valor, se determinó el tiempo de riego para cada tratamiento, controlándose con la ayuda de un reloj cronómetro.

#### Determinación del calendario de riego

Para la determinación del calendario de riego se tomó como base los intervalos de riegos fijos, determinados con anterioridad. Se llevaron a cabo a partir del último riego uniforme y se dejó de regar cuando la planta llegó a su madurez a los 105 días de la siembra, las fechas fueron las siguientes:

Tabla 10. Fechas de riego en el experimento del intervalo y lámina de agua.

Fecha	Tratamientos			
	I	II	III	IV
2/4/75	X			
5/4/75		X		
8/4/75			X	
11/4/75	X			X
17/4/75		X		
20/4/75	X			
23/4/75			X	
29/4/75	X	X		X
8/5/75	X		X	
11/5/75		X		
17/5/75	X			X
23/5/75		X	X	
26/5/75	X			
4/6/75	X	X		X
7/6/75			X	
13/6/75	X			
16/6/75		X		
22/6/75	X		X	X
28/6/75	X		X	
1/7/75	X	X		X
10/7/75				

#### Determinación de la humedad del suelo

Se hicieron determinaciones del nivel de humedad en el suelo entre riego y riego para conocer el consumo de agua y el nivel de humedad al cual se hacían los riesgos, por medio del método gravimétrico antes y alas 24 horas después de cada riego, realizándose los muestreos siempre en las primeras horas de la mañana en la mitad del surco central de cada parcela, lo que teóricamente es el punto más representativo de la humedad del suelo. La muestra se extrajo con una barrena tipo Veihmeyer de las profundidades de 0-30, 30-60, 60-90 centímetros, pesándose en una balanza analítica, para conocer el peso de la muestra húmeda, secándose en un horno

eléctrico a 110°C. durante 24 horas y se volvían a pesar para conocer su peso en base seca obteniéndose así las humedades con respecto al suelo seco.

Dichas humedades se transformaron a por ciento según los siguientes cálculos:

#### Humedad equivalente

- a) peso de las cajas de muestreo
- b) peso de M.S.H. \* = (peso de caja + M.S.H.) - (peso caja)
- c) peso agua = (peso caja + M.H.\*\*)-(peso caja + M.S.H.\*)
- d) humedad equivalente =  $\frac{\text{peso agua}}{\text{peso M.S.H.*}} \times 100$

\* M.S.H. = Muestra Secada al Horno

\*\* M.H. = Muestra Humeda

Estos datos de muestreo de humedad se utilizan para el cómputo práctico de la eficiencia de almacenamiento de agua en el suelo.

#### Trabajos propios del cultivo

##### Siembra y Fertilización

La siembra y la fertilización se hicieron el mismo día, el 26 de marzo de 1975. 2 días antes de la siembra se dió el último riego uniforme al campo experimental para sembrar en suelo húmedo.

Se sembró la variedad de maíz híbrido H-5, haciéndolo a mano con el método tradicional de la región. La distancia entre surcos fue de 90 cm. colocándose en el mismo 2 semillas cada 30 cm. lo que da una población de 200 plantas por parcela equivalente a 55.555 plantas por hectárea, considerando un 75o/o de germinación.

La fertilización consideró la aplicación de una mezcla de fertilizante compuesto de la fórmula 12-24-12 en la cantidad de 1.5 qq/Ha. y Urea al 46o/o en la cantidad de 0.75 qq/Ha. en bandas al momento de la siembra a lo largo de los surcos y una segunda aplicación del fertilizante se hizo cuando se inició la etapa de floración aplicando un compuesto de fórmula 10-30-10 en la cantidad de 1.5 qq/Ha. y Urea al 46o/o en la cantidad de 0.75 qq/Ha. lo cual es recomendado por el Laboratorio de Nutrición Vegetal del Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas en base al resultado del análisis de las muestras de suelo tomadas en el campo de las profundidades de 0-20 y 20-40 centímetros.

Los trabajos de deshierbos o limpias se hicieron manualmente con azadón, habiéndose realizado un promedio de 4 limpias a lo largo de todo el ciclo vegetativo.

El Aporco se realizó a los 30 días de sembrada la plantación en la misma forma que la limpia.

A los 105 días de la siembra, se efectuó la dobla del tallo del maíz para evitar con ello la incidencia de plagas o enfermedades y acelerar el proceso de secamiento del grano de la mazorca.

### Control de Insectos

Al momento de la siembra se determinó la incidencia de insectos del suelo habiéndose encontrado poblaciones de *Phyllophaga spp* (Gallina ciega) *Agrotis spp* (Gusano de Alambre), y otras especies similares por lo que se procedió a desinfestar el suelo aplicando un insecticida nematocida granulado de Fensulfothion al 50/o (nombre comercial Dazanit granulado), dosificado a razón de 120 libras por hectárea. Dicha operación se realizó al momento de la siembra aplicándose mezclado con el fertilizante siempre en banda a lo largo de los surcos. A los 10 días cuando se inició el ataque de *Diabrotica spp* (tortuguilla) y *Euxesta mejor* (moscas del tallo) se aplicó 0.5 litros por hectárea del insecticida acaricida sistémico a base de dimetil S-(butil) monotiofosfato al 80o/o (nombre comercial Folimat 800), aplicado con bomba de mochila dirigido sobre la planta de abajo hacia arriba.

A los 22 días a partir de la siembra se inició el ataque de *Laphigma Frugiperda* (gusano cogollero) habiéndose controlado con el mismo insecticida en la dosis de 0.75 libras por hectárea. Dicha fumigación se repitió a los 26 días por persistir el ataque del mismo insecto.

A los 32 y 39 días se volvió a fumigar con el mismo insecticida solo que en esta vez se mezcló con insecticida Methomyl (nombre comercial Lannate), con la dosis de 200 gramos por hectárea. De esta fecha en adelante se hicieron aplicaciones preventivas para el combate de *Heliothis zea* (gusano elotero), y otras posibles plagas utilizando los insecticidas anteriormente mencionados así como también incluyendo insecticidas clorados (*Dipterex granulado*) y fosforados (*Volatón 500*), en dosis comerciales. A los días 46, 59, 68, 77, 85 y 95 a partir de la siembra.

### Cosecha

La cosecha se llevó a cabo a los 120 días de la siembra, excluyendo los surcos bordes. Se contó el número de plantas y mazorcas por tratamiento, el número de hileras de grano por mazorca y de granos por hileras. Seguidamente se estimó el por ciento de humedad en el grano con el objeto de referir los resultados de rendimiento en peso a humedad constante en el grano, para esto se evaluó sobre un 12o/o según la fórmula siguiente (16)

$$PGSL \frac{(PGHyS - o/o \text{ impurezas}) (100 - HI)}{(100 - HF)}$$

En donde:

PGSL	:	Peso grano seco y limpio
PGHyS	:	Peso grano humedo y seco
HI	:	Humedad inicial
HF	:	Humedad final

### Observaciones durante el cultivo

Se hicieron observaciones con el objeto de tener apreciaciones de tipo general, tomándose datos de campo de: la uniformidad de la germinación, la floración y el crecimiento de las plantas.

La germinación fue uniforme y se completó a los 6 días de la siembra. La floración se inició en el tratamiento III, a los 30 días de la siembra, seguida por el tratamiento II, a los 43 días y terminó a los 60 días de la siembra, en los tratamientos I y IV.

También se tomaron medidas en altura de las plantas cuando se estimó finalizado el período de crecimiento vegetativo a los 60, 85 y 105 días a partir de la siembra para apreciar las diferencias en el crecimiento de las plantas, midiéndose tres plantas por surco, la menor, la mayor y la que tenía un tamaño promedio, luego se calculó el promedio de cada uno de los tamaños para cada parcela y en cada tratamiento, hasta obtener el tamaño promedio en cada tratamiento.

Estos datos se expresan debidamente en el siguiente capítulo.

#### IV. RESULTADOS EXPERIMENTALES

##### Crecimiento y desarrollo del cultivo

La tabla siguiente resume los resultados obtenidos de los distintos parámetros que se consideró evaluar para conocer las diferentes tendencias del cultivo en relación a los distintos tratamientos evaluados.

Tabla No. 11 Observaciones en el desarrollo del maíz en cada tratamiento,

Observación	Tratamiento			
	I	II	III	IV
Altura (cm) a los 60 días	175	201	193	166
Altura (cm) a los 90 días	239	245	251	234
Altura (cm) a los 105 días	264	273	269	261
No. de hojas a los 60 días	17	17	18	12
No. de hojas a los 90 días	16	16	16	16
No. de hojas a los 105 días	15	16	15	16
Diámetro del tallo (mm) a los 60 días	28.7	30.6	28.7	28.7
Diámetro del tallo (mm) a los 105 días	22.3	25.5	22.3	25.5
No. de plantas por parcela neta al momento de la cosecha	88	80	80	79
No. de frutos por parcela neta	135	133	134	133
No. promedio de frutos por planta	1.53	1.66	1.68	1.68
No. de hileras de grano por fruto	15	16	16	16
No. de granos por hilera	36	36	37	38
Longitud del fruto (cm)	15.00	16.50	16.25	14.00

Las cifras antes expresadas provienen de promediar los resultados obtenidos en las cuatro repeticiones de cada tratamiento. Se puede observar que a los 60 días las plantas del tratamiento I habían alcanzado el 66o/o de su altura final y a los 90 días el 90o/o. Las plantas del tratamiento II a las mismas fechas habían desarrollado el 73o/o y 90o/o respectivamente de su altura final. Las plantas del tratamiento II el 72o/o y 94o/o de la misma medición. Y con el tratamiento IV el 63o/o y 90o/o respectivamente. Por consiguiente el tratamiento II, o sea cuando se regó cada 12 días es el que observa una tendencia de favorecer más rápidamente el desarrollo de la altura de la planta en los primeros 60 días época en que se consideró finalizado el proceso de floración en todos los tratamientos. Comparativamente el tratamiento cuyo desarrollo de la planta había sido más lento, se observó que en el IV, cuando el riego se suministró cada 18 días, a los 60 días recién había finalizado el proceso de floración y su desarrollo en altura había alcanzado el 63o/o.

La medición de la altura que se hizo a los 90 días obedeció a la simple observación ocular en que se creyó que las plantas habían estandarizado su crecimiento en altura, dato que se confirma al analizar los resultados de que todos los tratamientos tienen, con excepción del IV, el mismo proceso de desarrollo.

Al analizar los resultados del conteo de número de hojas por planta podemos ver que los tratamientos I, II, III a los 60 días, ya las plantas habían obtenido su máxima expresión, en cuanto al tratamiento IV todavía se observaba que las plantas estaban formando hoja, debido que a los 90 días había aumentado 4 hojas más, mientras que los demás tratamientos para esta fecha ya habían iniciado el proceso de abscisión de hoja, señal de finalización del crecimiento vegetativo.

Con respecto al diámetro del tallo se observó que a los 60 días el tratamiento II había producido el mayor desarrollo en la conformación de la planta. De esta fecha, hasta el momento de la dobla del maíz, a los 105 días, se inició la pérdida gradual de humedad y el aprovechamiento de los materiales de reserva de la planta reflejados por el proceso combinado del ciclo madurativo y el de formación de fruto respectivamente. El número de plantas por parcela fue mayor a menor intervalo de riego lo que se observa al comparar las 88 plantas desarrolladas cuando se regó cada 9 días contra las 79 plantas desarrolladas cuando se regó cada 18 días, pero los riegos más frecuentes redujeron el promedio de frutos por planta habiéndose obtenido 1.53 frutos por planta para el tratamiento I que fue 0.15 frutos de menos que el obtenido por cada planta al compararse con el tratamiento IV.

El número de hileras por mazorca varió de 15 para el tratamiento I contra 16 en los demás tratamientos.

El número de granos por hilera fue gradualmente ascendente a mayor frecuencia de riegos aumentado de 36 grano para el tratamiento I y II, 37 para el II y 38 para el IV, cabe observar que a pesar de que el tratamiento IV tenía mayor número de granos, estos aún no estaban completamente desarrollados.

El dato anterior se confirma al analizar la longitud del fruto en donde se puede observar que las plantas que recibieron el tratamiento IV tenían el fruto más corto y que estaba aún en proceso de crecimiento. Le siguen en tamaño de fruto las plantas que recibieron el tratamiento I cuyo fruto alcanzó los 15 cm y su apariencia denotaba un desarrollo completo.

### Riegos

El calendario de riego propuesto inicialmente fue alterado por haber llovido los días 11 y 26 de julio. En la tabla 12 de la página siguiente se encuentran expresadas las láminas de riego aplicadas con sus respectivos intervalos en las fechas que se suministran. El valor expresado para cada lámina se encuentra con la adición requerida por la eficiencia del 50o/o que se tiene dado el sistema de aplicación a nivel de parcela.

Como se observa en dicha tabla, todos los tratamientos tuvieron un déficit de aplicación de agua con relación a los 28.80 centímetros calculados por el uso consuntivo.

Se estimó que las lluvias de los días 11 y 26 de junio suplieron en parte este déficit, de igual forma, fueron las responsables del desbalance en el calendario de riego, previsto inicialmente por lo que ya no se pudo aplicar el número de riegos, por cada tratamiento, que suplirían las necesidades reales de agua en el cultivo..

Tabla No. 12 Fechas y láminas de riego aplicados al cultivo del maíz en el área experimental.

Fechas	Tratamiento (cm)			
	I	II	III	IV
2/4/75	4.32			
5/4/75		5.76		
8/4/75			7.20	
11/4/75	4.32			8.64
17/4/75		5.76		
20/4/75	4.32			
23/4/75			7.20	
29/4/75	4.32	5.76		8.64
8/5/75	4.32		7.20	
11/5/75		5.76		
17/5/75	4.32			8.64
23/5/75		5.76	7.20	
26/5/75	4.32			
4/6/75	4.32	5.76		8.64
7/6&75			7.20	
11/6/75	Precipitación pluvial no cuantificada			
21/6/75	4.32			
24/6/75		5.76		
26/6/75	Precipitación pluvial no cuantificada			
Total de Riegos	9	7	5	4
Lámina total (cm)	38.88	40.32	36.00	34.76
Lámina neta (cm)	19.44	20.16	18.00	17.38
Déficit de agua (cm)	9.36	8.64	10.80	11.42

La fecha en la que se estimó suspender los riegos en todos los tratamientos respondió a que el maíz había completado su ciclo madurativo, época en la que los riegos de auxilio ya no son necesarios.

#### Variaciones de la Humedad en el Suelo

Las variaciones de la humedad en el suelo fueron determinadas por muestreo directo en el centro de cada una de las parcelas de las distintas repeticiones de cada tratamiento. Para ello se utilizó una barrena de extracción de suelo tipo Veihmeyer muestreando las 3 distintas profundidades requeridas y los valores en por ciento de humedad, obtenidos en el laboratorio, reportan por separado por cada una de las profundidades muestreadas.

Los muestreos fueron realizados en el momento antes de aplicar el riego y a las 24 horas después que esta se ejecutó. Estos 2 datos de antes y después del riego, así como la variación de la humedad, que es la diferencia de estos valores, fueron obtenidos promediando las 4 repeticiones de cada tratamiento. Se encuentran en las tablas 13, 14 y 15.

En estas tablas se incluye el número de días acumulados desde el primer riego al último partiendo del día cero que fué cuando se aplicó el último riego uniforme.

**Tabla 13. Datos de la humedad del suelo (o/o) antes y después de los riegos para cada tratamiento a la profundidad de 0 a 30 centímetros.**

Tratamiento	Epoca de Muestreo	Valor de la Humedad del Suelo (o/o)												
		No. días	9	18	27	36	45	54	63	72	79	88	93	
I	No. días													
	A.d.R.	26.29	27.84	22.91	21.50	20.56	22.72	21.67	22.11	22.11	*	23.49	*	
	D.d.R.	32.57	32.88	30.10	32.15	32.08	32.89	32.25	33.92	33.92	35.45	34.76	31.01	
	V.d.H.	6.28	5.04	7.19	10.65	11.52	10.17	10.58	11.81	11.81	-----	11.27	-----	
II	No. días	12	24	36	48	60	72	79	91	93				
	A.d.R.	26.09	22.70	21.70	21.90	22.38	22.22	*	22.63	*				
	D.d.R.	35.72	31.79	34.15	33.14	32.50	32.11	31.05	30.12	32.13				
	V.d.H.	9.63	9.09	12.45	11.24	10.12	9.89	-----	7.49	-----				
III	No. días	15	30	45	60	75	79	93						
	A.d.R.	22.11	23.27	24.04	26.21	21.39	*	*						
	D.d.R.	35.23	35.31	34.38	36.24	32.79	30.23	29.75						
	V.d.H.	13.12	12.04	10.34	10.03	11.40	-----	-----						
IV	No. días	18	36	54	72	79	93							
	A.d.R.	26.25	24.38	20.11	20.93	*	*							
	D.d.R.	35.00	33.61	34.64	32.73	39.33	36.81	-----						
	V.d.H.	8.75	9.23	14.53	11.80	-----	-----							

A.d.R.: Antes de Riego

D.d.R.: Después de Riego

V.d.H.: Variación de Humedad

\*: Precipitación Pluvial no reportada

**Tabla 14. Datos de la humedad del suelo (o/o) antes y después de los riegos para cada tratamiento a la profundidad de 30 a 60 centímetros.**

Tratamiento	Epoca de Muestreo	Valor de las Humedades del Suelo (o/o)											
		9	18	27	36	45	54	63	72	79	88	93	
I	No. días	26.26	14.48	13.36	21.38	18.92	17.58	19.07	18.24	*	18.66	*	
	A.d.R.	29.87	27.84	28.17	28.42	28.72	28.78	28.15	29.91	36.60	28.57	25.01	
	D.d.R.	3.61	13.36	14.81	8.53	9.50	11.14	9.71	9.81	-----	9.91	-----	
	V.d.H.	12	24	36	48	60	72	79	91	93			
II	No. días	23.40	22.02	22.72	18.89	21.68	19.85	*	22.15	*			
	A.d.R.	27.69	30.07	28.77	31.26	27.53	29.72	30.24	27.45	31.14			
	D.d.R.	4.29	8.05	6.05	12.37	5.85	9.87	-----	5.30	-----			
	V.d.H.	15	30	45	60	72	79	93					
III	No. días	23.59	24.23	24.77	22.52	22.21	*	*					
	A.d.R.	31.41	30.68	32.50	29.08	27.71	30.50	27.67					
	D.d.R.	7.82	6.45	7.73	6.56	5.50	-----	-----					
	V.d.H.	18	36	54	72	79	93						
IV	No. días	13.95	21.38	17.81	18.56	15.41	*	*					
	A.d.R.	28.11	28.91	30.25	28.52	32.59	32.59	28.60					
	D.d.R.	14.16	7.53	12.44	9.96	17.18	-----	-----					
	V.d.H.												

A.d.R.: Antes de Riego

D.d.R.: Después de Riego

V.d.G.: Variación de Humedad

\*: Precipitación pluvial no reportada

**Tabla 15. Datos de la humedad del suelo (o/o) antes y después de los riegos para cada tratamiento a la profundidad de 60 a 90 centímetros.**

Tratamiento	Epoca de Muestreo	Valor de la Humedad del Suelo (o/o)											
		No. días	9	18	27	36	45	54	63	72	79	88	93
I	A.d.R.	13.74	15.37	15.97	18.72	17.66	17.86	15.33	14.09	17.83	*	17.83	*
	D.d.R.	20.68	21.27	25.18	22.47	21.86	21.79	23.60	26.60	34.55	24.62	21.10	
	V.d.H.	6.94	5.90	9.21	3.75	4.20	4.11	8.27	12.51	-----	6.79	-----	-----
II	No. días	12	24	36	48	60	72	79	91	93			
	A.d.R.	18.09	17.26	18.71	16.76	17.01	16.97	*	19.66	*			
	D.d.R.	23.82	22.45	23.00	22.47	25.06	23.17	30.10	23.05	30.27			
V.d.H.	5.73	5.19	4.29	5.71	8.05	6.20	-----	-----	3.39	-----	-----	-----	
III	No. días	15	30	45	60	72	79	93					
	A.d.R.	20.09	20.41	22.34	19.67	14.08	*	*					
	D.d.R.	28.41	28.44	25.52	25.54	24.65	29.07	24.94					
V.d.H.	8.32	8.03	3.18	5.87	10.57	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	
IV	No. días	18	36	54	72	79	93						
	A.d.R.	12.00	17.57	18.06	15.78	*	*						
	D.d.R.	25.72	22.13	26.83	28.56	33.82	15.33						
V.d.H.	13.72	4.56	8.77	12.78	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	

A.d.R.: Antes de riego  
D.d.R.: Después de riego  
V.d.H.: Variación de Humedad  
\*: Precipitación Pluvial no reportada

La Tabla 13 resume los resultados de la humedad del suelo en por ciento, a la profundidad de 0 a 30 centímetros y se puede observar que los niveles de humedad, antes de los riegos, a pesar de las distintas láminas de agua aplicada, oscilan entre valores similares, lo que viene a demostrar que los diferentes intervalos de tiempo a los que fueron aplicados los riegos, permitieron pérdidas mas o menos proporcionales de la humedad.

Resultados similares se observan en los datos de la humedad, después de cada riego, en los primeros tres tratamientos, el tratamiento IV, presenta valores mas elevados que los generales pero fué ocasionado por las lluvias ocurridas en esas oportunidades, posiblemente debido a que por corresponder a dicho tratamiento el intervalo de aplicación más amplio y permitió que el suelo perdiera mas humedad, reteniendo con más avidez la lluvia precipitada. El valor reportado por la variación de la humedad presenta cambios heterogéneos en los tratamientos I y IV y menos variables en los tratamientos II y III. De todos ellos el más homogéneo es el tratamiento III y el que presentó los cambios mayores fué el tratamiento I.

Los resultados observados en la Tabla 14, en la que se reportan las variaciones de humedad en la profundidad de 30 a 60 centímetros, expresan que el tratamiento IV, seguido por el I, fueron los que antes del riego sufrieron mayor pérdida de humedad. El tratamiento que retuvo mayor cantidad de humedad antes de los riegos fué el III.

Después de aplicados los riegos, el tratamiento IV fué el que reportó la mayor retención de humedad. Le sigue el I y casi en forma similar el II y III respectivamente lo que demuestra que a esta profundidad de suelo, el tratamiento III reportó un mejor comportamiento en relación a la frecuencia y la lámina de riego evaluadas.

El análisis de los datos resumidos en la Tabla 15, en donde se encuentran los datos de la humedad del suelo a los 60-90 centímetros, demuestran resultados cuya interpretación resulta similar a lo ocurrido en la profundidad de 30 a 60 centímetros.

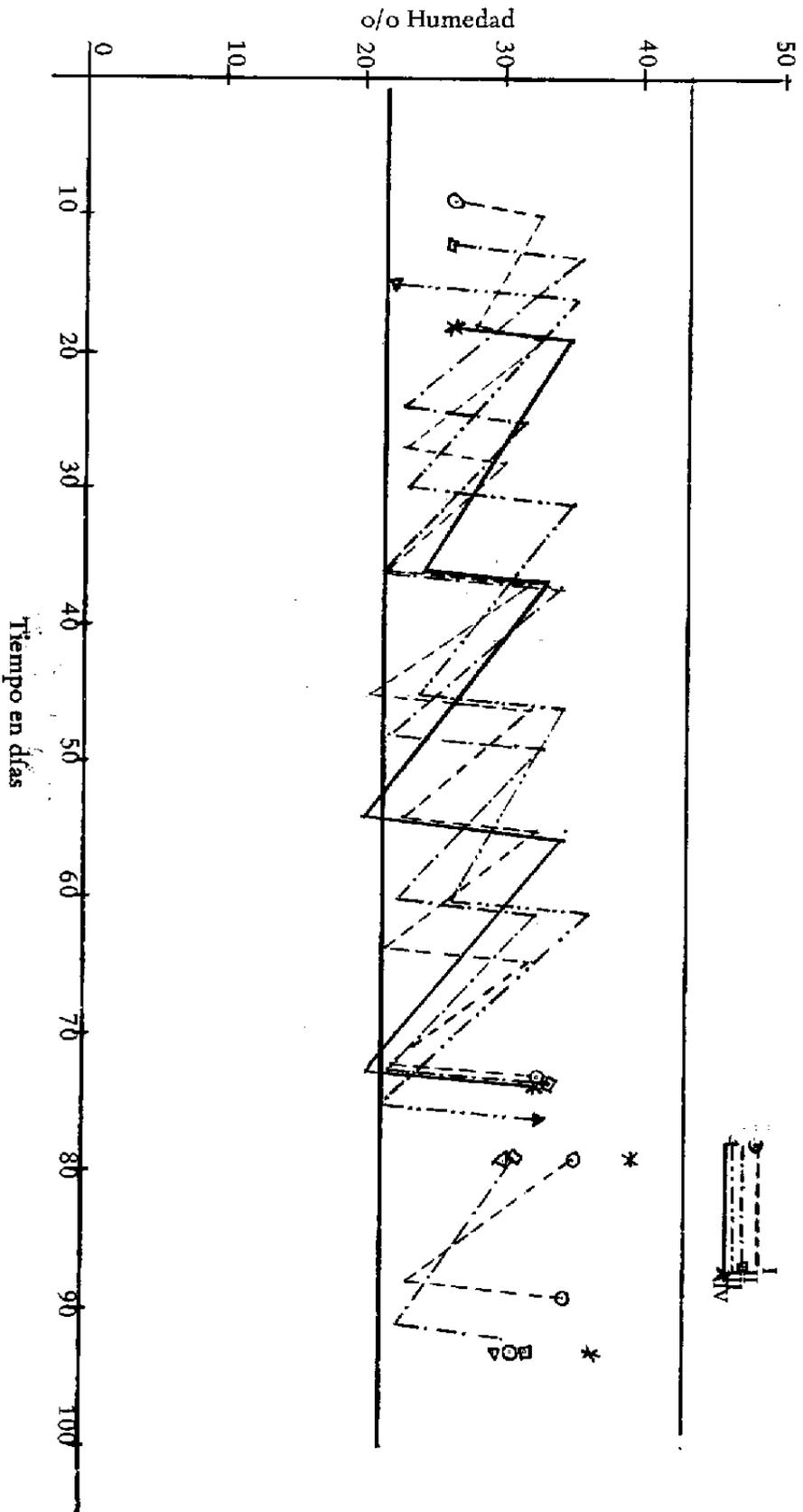
Es importante observar que las variaciones de humedad en todos los tratamientos, antes del primer riego, en las tres profundidades estudiadas, hace suponer que no son lógicas. Por ejemplo, cuando se aplicó el primer riego en el tratamiento IV, tres días después del aplicado al tratamiento III, el suelo estaba más húmedo que para el del tratamiento III. Este mismo fenómeno se presenta en la profundidad de 60 a 90 centímetros, cuyo valor de humedad antes del primer riego, fué ascendente del tratamiento I hasta el III, a pesar de haber transcurrido tres días entre cada uno de los riegos. Lógico era suponer que sucediera lo contrario. El tratamiento I reporta un contenido de humedad de 13.74o/o, tres días después, el tratamiento II tenía 18.09o/o y, tres días después el III se encontraba con 20.09o/o de humedad.

Estos resultados se discuten en el capítulo siguiente.

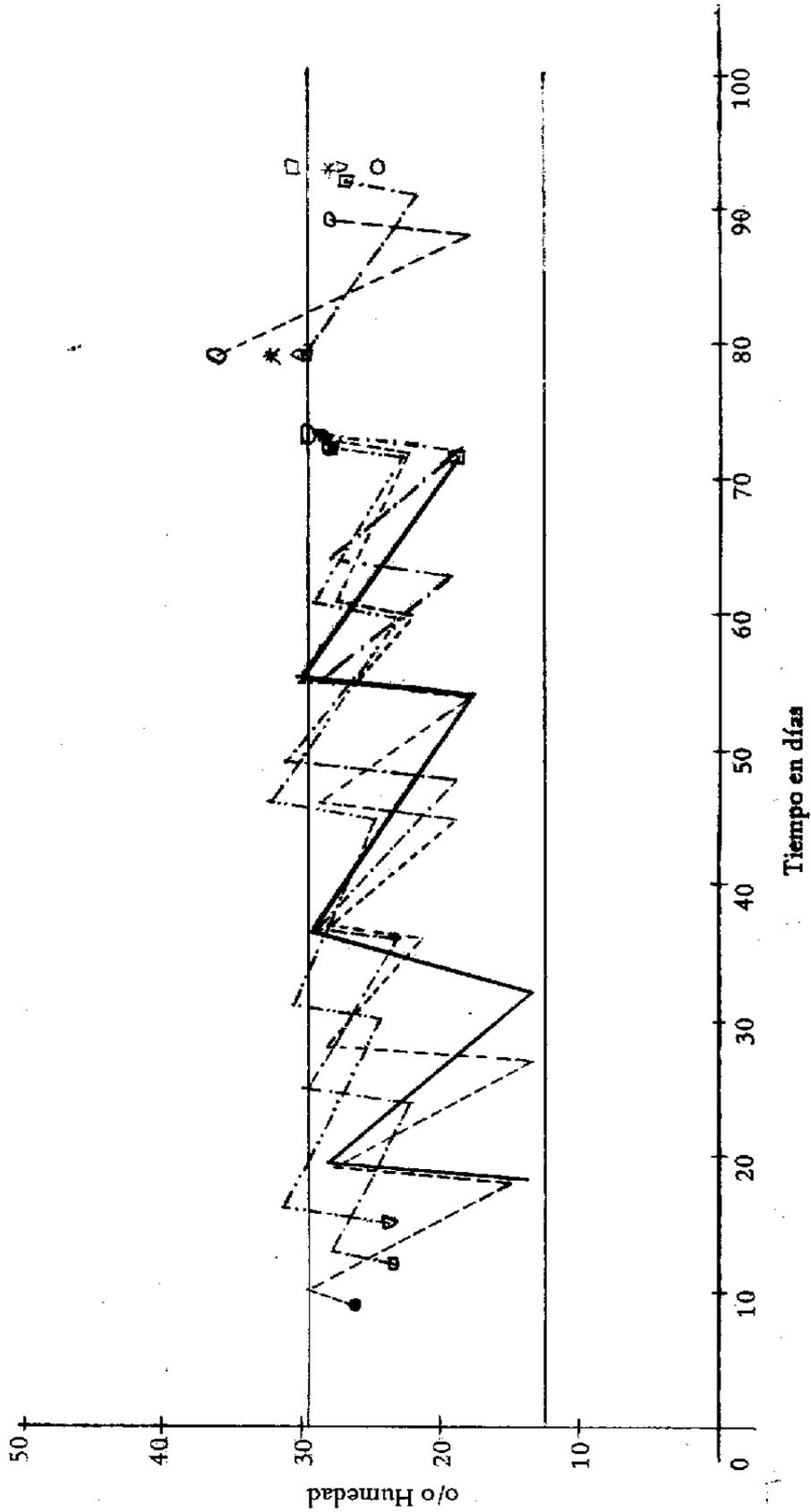
A continuación se presentan las respectivas gráficas que expresan las tendencias de la humedad del suelo antes y después de cada riego y, el valor de las variaciones de humedad en las distintas profundidades de cada tratamiento.

## GRAFICA 2:

Grafico de variación de humedad del suelo (o/o) antes y después de los riegos para cada tratamiento a la profundidad de 0 a 30 centímetros.

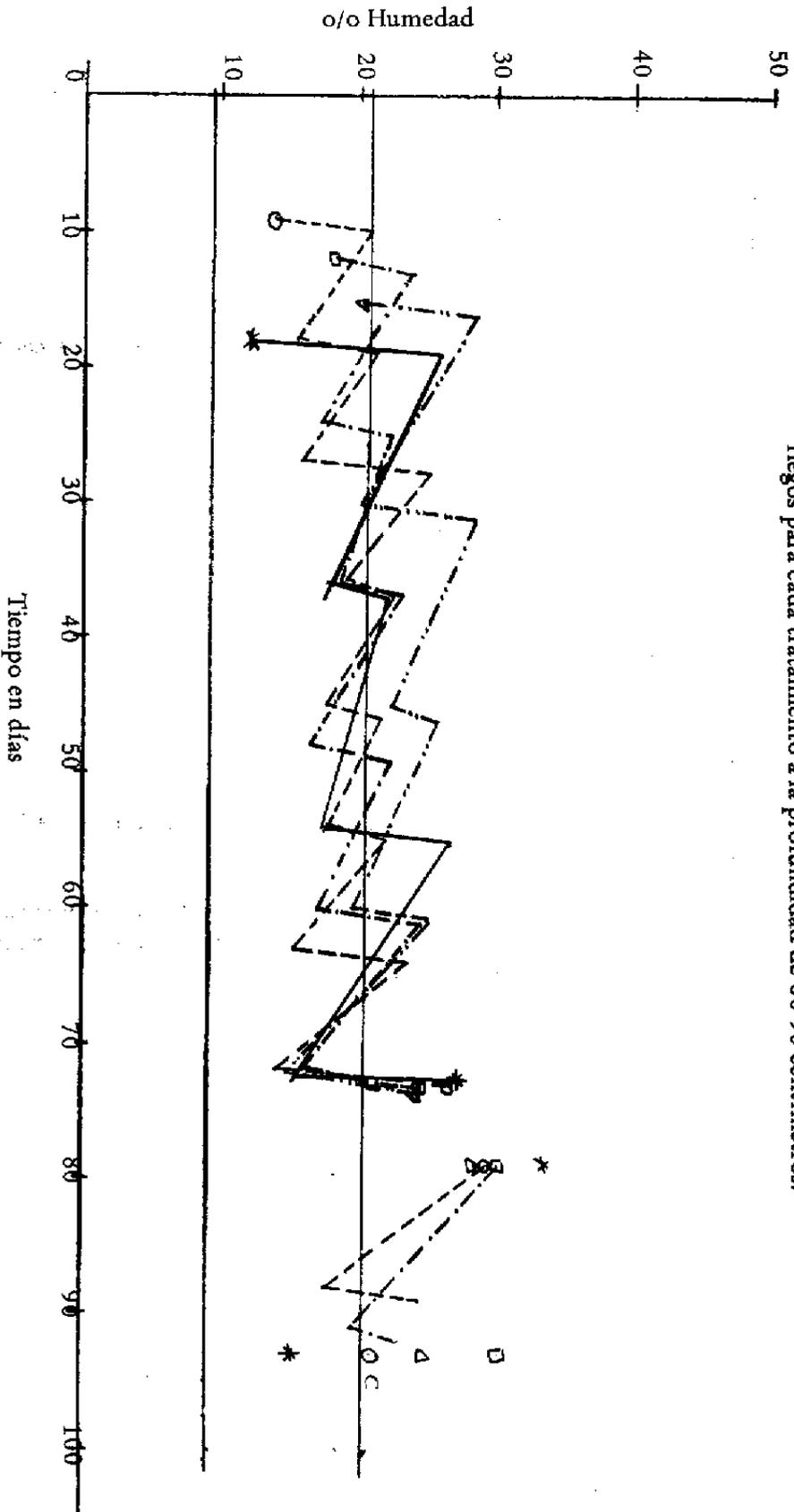


**GRAFICA 3:** Grafico de variación de humedad del suelo (o/o) antes y después de los riegos para cada tratamiento a la profundidad de 30-60 centímetros



**GRAFICA 4:**

Gráfico de Variación de Humedad del suelo (o/o) antes y después de los riegos para cada tratamiento a la profundidad de 60-90 centímetros.



Para poder evaluar estadísticamente las variaciones de humedad del suelo en las diferentes profundidades de cada tratamiento, y comparar los valores antes y después de cada riego, así como la variación de humedad, se calcularon la media aritmética, la desviación estándar y el coeficiente de variabilidad.

Las fórmulas utilizadas (18), fueron las siguientes:

$$1. \quad \bar{X} = \frac{\sum X}{n}$$

En donde:

- A = Media aritmética.  
 X = sumatoria de los valores de humedad (o/o), antes y después de cada riego y sus respectivas variaciones.  
 n = número de muestreos realizados.

$$2. \quad s = \frac{\sqrt{\sum (X - \bar{X})^2}}{n}$$

En donde:

- s = Desviación estándar

$$3 \quad C.V. = s / \bar{X} \times 100$$

En donde:

- C.C. = Coeficiente de variabilidad expresado en por ciento.

Los resultados de estos cálculos se encuentran resumidos en la Tabla 16 y su discusión se hace en el capítulo siguiente.

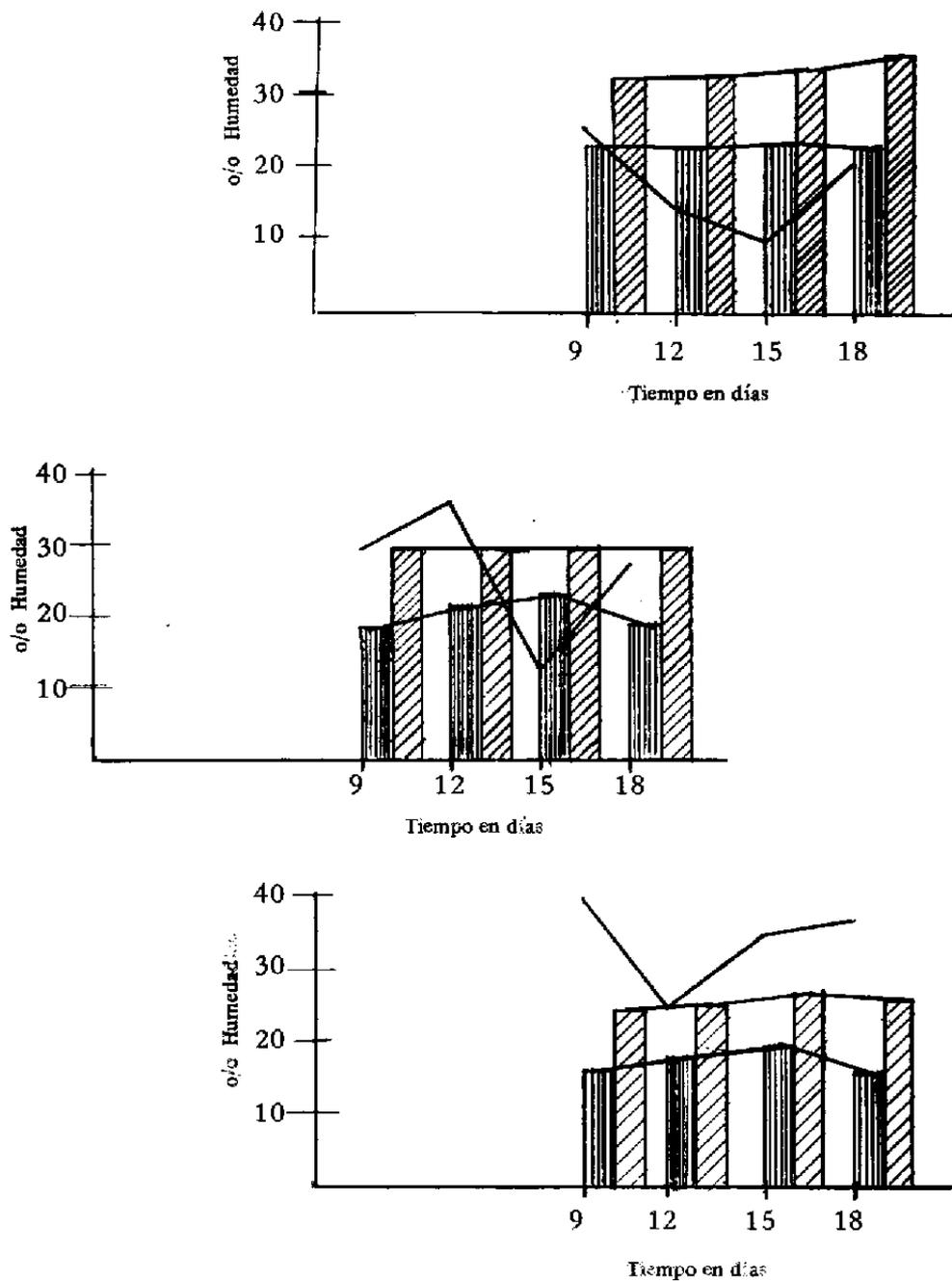
Las gráficas que se encuentran a continuación de la Tabla 16 expresan los valores de las medias aritméticas antes y después de cada riego y el coeficiente de variabilidad de las variaciones de humedad para las tres profundidades de cada tratamiento.

**Tabla 16. Media Aritmética, Desviación Estándar y Coeficiente de Variabilidad de los cambios de humedad en las tres profundidades de cada tratamiento.**

Profundidad (cm)	Epoca	Tratamientos											
		I			II			III			IV		
		X	s	CV	X	s	CV	X	s	CV	X	s	CV
0-30	AdR	23.23	2.23	9.6	22.80	1.38	6.1	23.40	1.68	7.2	22.92	2.50	10.9
	DdR	32.73	2.17	6.6	32.51	1.56	4.8	33.42	2.38	7.1	35.35	2.22	6.3
	VdH	9.39	2.39	25.3	9.99	1.46	14.6	11.39	1.13	9.9	11.08	2.31	20.8
30-60	AdR	18.66	3.79	20.3	21.53	1.48	6.9	23.46	0.79	4.1	17.42	2.58	14.8
	DdR	29.09	2.67	9.5	29.32	1.43	4.9	29.94	1.58	5.3	29.94	1.79	6.0
	VdH	10.05	2.96	29.5	7.40	2.66	36.0	6.81	0.87	12.8	12.25	3.33	27.2
60-90	AdR	16.29	1.69	10.4	17.78	1.00	5.6	19.32	2.77	14.3	15.85	2.38	15.0
	DdR	23.99	3.79	15.8	24.82	2.96	11.9	26.67	1.76	6.6	25.40	5.70	22.4
	VdH	6.85	2.68	39.1	5.51	1.37	24.9	7.19	2.50	34.8	996	3.36	36.5

AdR: Antes del Riego  
 DdR: Después del Riego  
 VdH: Variación de Humedad

**GRAFICA 5:** Grafico que representa la Media Aritmética, Desviación Estandar y Coeficiente de Variabilidad de los cambios de humedad en las tres profundidades de cada tratamiento.



### Eficiencia de Almacenamiento del Agua de Riego

La eficiencia de almacenamiento del agua se calculó en función del agua aplicada a cada profundidad relacionándola con el valor en por ciento de su respectiva capacidad de campo, sin considerar la humedad que se encontraba retenida en el suelo.

La Tabla siguiente resume los valores del por ciento de humedad retenida, a cada profundidad, producto del riego, los valores porcentuales de las diferentes capacidades de campo, obtenidas en las gráficas de Retención de Humedad, expresadas en la página 14, y, los valores en por ciento de sus respectivas eficiencias de almacenamiento, para cada tratamiento.

**Tabla 17** Eficiencia de Almacenamiento del Agua de Riego a las distintas profundidades de suelo por cada tratamiento.

Profundidad (cm)	Humedad Retenida (o/o) después de riego Tratamientos				Capacidad de Campo	Eficiencia de Almacenamiento (o/o) Tratamientos			
	I	II	III	IV		I	II	III	IV
0-30	32.73	32.52	33.43	35.35	43.46	65.31	74.83	76.90	81.40
30-60	29.09	29.32	29.94	29.94	29.52	98.54	99.32	101.42	101.42
60-90	23.99	24.82	26.67	25.40	20.95	114.51	118.47	127.30	121.24
Promedio						96.19	97.54	101.87	101.33

La Tabla anterior indica que para todos los tratamientos la eficiencia de almacenamiento de la profundidad de 0 a 30 centímetros se mantuvo entre el valor mínimo de 74.83o/o, para el tratamiento II, al máximo de 81.34o/o para el tratamiento III, y el promedio, de 77.10o/o superó en 7.10o/o al valor estimado en el cálculo de lámina de agua (pág. 15), que fué de 70o/o.

En la profundidad de 30 a 60 centímetros la menor eficiencia de almacenamiento, de 98.54o/o, la obtuvo el tratamiento I, y la mayor, 101.42o/o, fue para los tratamientos III y IV. El valor promedio fué de 100.18o/o y supero en 30.18o/o al calculado en 70o/o.

Los resultados para la profundidad de 60 a 90 centímetros dan la mayor eficiencia al tratamiento III, con un valor de 127.30o/o y la menor al tratamiento I con un valor de 114.51o/o. El promedio de 120.33o/o superó en 50.38o/o al de 70o/o mencionado.

Con relación a la eficiencia en las diferentes profundidades para cada tratamiento superó en 26.19o/o, 27.54o/o, 31.87o/o y 31.34o/o, respectivamente a los tratamientos I, II, III y IV, al mismo valor de eficiencia del 70o/o.

En resumen, se concluye que la eficiencia de almacenamiento del agua de riego aplicada al suelo se mantuvo entre valores superiores a los máximos previstos.

### Análisis Estadísticos de los Resultados

En la Tabla siguiente se expresan los resultados obtenidos en cada tratamiento con sus respectivas repeticiones del peso del grano del maíz. Para relacionar estos datos en igualdad de condiciones se redujeron los pesos a humedad constante del 12o/o utilizando el criterio de Rivera (16).

Los valores reportados son los obtenidos en cada parcela neta evaluada en el experimento.

**Tabla 18. Rendimiento de grano de maíz a 12o/o de humedad (Kgs/parcela enta)**

Tratamiento	Repeticiones				Suma	X
	I	II	III	IV		
I	4.00	2.78	3.35	4.03	14.16	3.54
II	6.45	5.56	5.65	6.12	23.78	5.95
III	7.06	5.56	6.89	7.85	27.36	6.84
IV	2.34	3.23	3.85	3.40	12.82	3.21
Total	19.85	17.13	19.74	21.40	78.12	
Media	4.96	4.28	4.94	5.35		4.88

Como se puede observar en la Tabla anterior con el tratamiento en que mejor resultado se obtuvo, el III, en donde los riesgos se aplicaron cada 15 días y con lámina neta de 3.60 cm. con un rendimiento por parcela de 6.84 Kg, equivalentes a 5.103.7 Kg/Ha. Le siguió el tratamiento II, con una lámina de 2.88 cm. cada 12 días dando un rendimiento por parcela neta de 5.95 Kg equivalentes a 4,407.41 Kg/Ha. El tratamiento I ocupó el tercer lugar obteniéndose un rendimiento por parcela neta de 3.54 Kg equivalentes a 2,622.22 Kg/Ha. El tratamiento IV ocupó el último lugar, aplicandose una lámina neta de agua de 4.32 cm. cada 18 días produciendo un rendimiento por parcela neta de 3.21 Kg equivalentes a 2,377.78 Kg/Ha.

Los datos anteriores sometidos al análisis de la variación se encuentran resumidos en la Tabla 18 a estimación.

**Tabla 19 Análisis dela variación del rendimiento de maíz H-5 (Kg/parcela neta).**

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Cuadrado Medio
Tratamientos	3	12.77*
Repeticiones	3	0.78
Error Experimental	9	0.35
Total	15	

\*\* Altamente significativo al 1o/o

El análisis anterior demuestra que entre los tratamientos hay alguno o algunos que están afectando estadísticamente los resultados y por consiguiente la hipótesis nula planteada en el capítulo de Materiales y Métodos se rechaza al observarse que el intervalo de riego está afectando los rendimientos. Con el objeto de determinar estadísticamente las diferencias entre los tratamientos se analizaron los rendimientos medios utilizando la prueba de Amplitudes Múltiples de Duncan resumida en la Tabla siguiente.

**Tabla 20** Prueba de Amplitudes Múltiples de Duncan de los rendimientos promedios de cada tratamiento

Tratamientos comparados	Diferencia de rendimientos medios	Amplitud	Valor de Duncan	Significancia
III y IV	$6.84 - 3.21 = 3.63$	4	1.50	*
III y I	$6.84 - 3.54 = 3.30$	3	1.34	*
III y II	$6.84 - 5.95 = 0.89$	2	1.09	ns
II y IV	$5.95 - 3.21 = 2.74$	3	1.34	*
II y I	$5.95 - 3.54 = 2.41$	2	1.09	*
I y IV	$3.54 - 3.21 = 0.33$	2	1.09	ns

\* Significativo al 50/o  
ns no significativo

La prueba anterior expresa que los tratamientos III y II son estadísticamente similares, igualmente que los tratamientos I y IV pero entre ambos grupos hay diferencia significativa al nivel del 50/o como se expresa a continuación

Tratamiento III II I IV

En donde queda demostrado que la influencia del intervalo y la lámina de riego produce los mejores rendimientos en el caso de los tratamientos III y II, y los rendimientos más bajos en el caso de los tratamientos I y IV respectivamente.



## V DISCUSION

El tratamiento III fue, el que estadísticamente dio los mejores rendimientos de campo, aplicándose una lámina de riego (3 60 cm) cada 15 días, lo que hace suponer que este volumen de agua es proporcional al intervalo evaluado. Fue el más estable y eficiente en el suelo. Este hecho se confirma al analizar la humedad del suelo en las profundidades de 0-30 y de 30-60 centímetros. A ambas profundidades la humedad del suelo antes de cada riego, comparativamente con los demás tratamientos evaluados, obtuvo los valores más altos y por consiguiente más alejados del punto de marchitez permanente para ambas profundidades. La variación de humedad, producto de los riegos, también reporta los menores coeficientes de variabilidad. Estos valores demuestran que los cambios de humedad fueron menos bruscos en estas profundidades, lo que permite que las raíces desarrolladas entre los primeros 60 centímetros de suelo, hayan tenido a su disposición un mayor nivel de humedad y si se analiza el hecho comprobado (9) de que a esta profundidad la planta obtiene el 50o/o de la humedad que necesita para su óptimo desarrollo, se está justificando el porque de su mejor rendimiento de campo.

La profundidad de 60-90 centímetros también expresa el valor más alto de humedad antes de los riegos, que el logrado por los demás tratamientos. La eficiencia de almacenamiento a la profundidad de 0-30 centímetros no fue la más elevada para el tratamiento III, ya que el valor con mayor eficiencia lo obtuvo el tratamiento IV, y le continúan en orden decreciente los tratamientos III, II, y I respectivamente, estos resultados se justifican en el hecho de que esta profundidad es la única con suelo de textura Franco Arcillosa, cuya capacidad de almacenamiento permite una mayor eficiencia; en este caso lo tenía el tratamiento IV, que a su vez también tenía los valores de humedad más bajos antes de los riegos. Ello fue lo que permitió que el tratamiento IV, a esta profundidad, tuviera una mayor eficiencia de almacenamiento en las profundidades de 30-60 y 60-90 centímetros entre todos los tratamientos. El tratamiento III alcanzó los valores más altos de eficiencia de almacenamiento.

Dentro de esta discusión no se va a considerar el efecto de las lluvias observadas por estimarse constante a todos los tratamientos y además, por no poderse preveer los respectivos muestreos antes de que ella sucediera, para medir la variación producida en la humedad del suelo.

Es muy importante el analizar la humedad del suelo antes del primer riego en los distintos tratamientos, ya que demuestran niveles de humedad en el suelo a las diferentes profundidades, que no se esperaba obtener al sopesar el hecho lógico que ha mayor tiempo se encontraría más seco y ello no sucede en esa proporción. El efecto acumulado de los riegos subsiguientes ya regula esta variación. Esto hace suponer la posibilidad de movimientos de agua subterránea por tensión y capilaridad del tratamiento que recibió el riego, hacia el tratamiento que aun no lo había recibido, por cuanto el movimiento normal del agua de riego se realiza de una capa saturada del suelo a otra que no lo está.

Al comprobar esta observación con los resultados de humedad en el suelo antes del primer riego, momento en que se refleja con mayor claridad el fenómeno expuesto (ya que el resultado lógico del efecto de la estandarización de los riegos es el de hacer menos notoria la

cuantificación de estas diferencias); hace presuponer una posible interacción entre los tratamientos, lo que de ser así, estaría afectando estadísticamente el tamaño del error experimental. Esta causa podría ser producida: por el tipo de diseño experimental, o bien por el tamaño de la parcela bruta y su relación con la parcela neta. El análisis de la eficiencia de almacenamiento de humedad en el suelo, demuestra (al existir valores superiores al 100o/o), que el por ciento de eficiencia de aplicación que se utilizó para corregir la lámina de agua, para satisfacer las posibles pérdidas y los requisitos por parte del cultivo, alcanzó una mayor eficiencia. Es decir, se aplicó un volumen de agua mayor al requerido, lo que hizo elevar los resultados mencionados.

Seguramente esto se debió a que, dadas las características del suministro de agua de riego en parcelas experimentales con surcos de corta longitud, hace que la eficiencia se eleve; pero, en la lámina a ser aplicada a nivel de agriculto, sea la necesaria, ya que a nivel de campo este valor del 50o/o de eficiencia de aplicación, no eleva el valor de la eficiencia de retención de humedad en el suelo.

## VI CONCLUSIONES

- 1) Para los distintos tratamientos evaluados, el III (lámina de riego (3.60 cms.) cada 15 días, produjo estadísticamente, los mejores rendimientos de maíz en grano.
- 2) La combinación de intervalo de riego y lamina de agua usada en el tratamiento III, es la que produce los valores de variación de humedad y de eficiencia de almacenamiento más aceptables
- 3) Las variaciones de humedad en el suelo de los tratamientos I y IV, comparados contra los tratamientos II y III, utilizando los coeficientes de variabilidad respectivos demuestran que producen cambios de humedad más violentos en la planta, en la turgencia de sus tejidos y en su transpiración natural, lo que se representa al analizar la apariencia y características tanto durante el desarrollo del cultivo como del fruto en sí.
- 4) Analizando los elevados rendimientos de maíz obtenidos, se reafirma la eficiencia de la fertilización adecuada en el mejor aprovechamiento del agua de riego, ya que con las mismas variedades de maíz, manejo del cultivo, excluyendo el programa de fertilización, en la región bajo estudios, los agricultores usuarios del riego; no producen plantaciones en apariencia y producciones comparables.
- 5) En esta investigación no se conto con datos adicionales tanto climáticos (temperatura, humedad ambiental, precipitación pluvial, etc), como fisiológicos (contenido de humedad en las hojas y transpiraciones), al momento antes y después de cada riego, lo que hubiera permitido hacer más comparaciones estadísticas (correlaciones múltiples).



## VII RECOMENDACIONES

- 1) Se recomienda conducir investigaciones similares con los cultivos producidos en las distintas áreas bajo riego, pues queda demostrado que la interacción entre el intervalo y la lámina de agua de riego, son los responsables en obtener rendimientos óptimos.
- 2) Es conveniente investigar la aplicación de láminas de agua variables, atendiendo las necesidades fisiológicas del maíz; para determinar si de esta forma se elevan aún más los rendimientos.
- 3) Se recomienda evaluar las mismas variables de esta investigación, utilizando un diseño experimental de parcelas subdivididas o cuadrado latino; así como también un mayor tamaño de parcela bruta, para que el área de los surcos bordes sea más amplia y controlar de esta forma, el posible efecto de interacción entre tratamientos vecinos; ocasionados por el inevitable movimiento de aguas subterráneas, debido a los efectos que la producen, al haber distintos niveles de humedad en el suelo.

100

101

102

103

104

105

106

107

## VIII BIBLIOGRAFIA

1. ALLISON, L.E. 'et al'. Diagnóstico y Rehabilitación de Suelos Salinos y sódicos. México, Centro Regional de Ayuda Técnica, 1954, 172 p.
2. ALVAREZ, M.T. y CURLEY G, M.A. Estudio Agrológico Semidetallado de Suelos para riego del Proyecto "San Cristóbal Acasaguastlán". Departamento de Estudios Detallados de Suelos. Guatemala, Ministerio de Agricultura. 's.f'. 's.p'.
3. CENTRO INTERNACIONAL DEL MEJORAMIENTO DE MAIZ Y TRIGO. Informe 1966-67. México, CIMMYT, 1967. pp. 36 y 103.
4. ----- Informe 1967-68. México. CIMMYT, 1968. pp. 13 y 43.
5. ----- Informe 1972. México, CIMMYT, 1972. pp. 9 y 97.
6. CHANG-NAVARRO, L. Riego de parcelas experimentales con tubos flexibles de polietileno. Lima Perú, Estación Experimental Agrícola La Molina, 's.f.' 12 p.
7. EL SALVADOR, MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERIA. Programa Nacional de Extensión de El Salvador, 1974-78. El Salvador, Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria, 1974. pp. 126 - 127.
8. ----- Programa de Maíz 1975-77. El Salvador, Oficina Sectorial de Planificación Agropecuaria, 1975. pp.26, 87 y 88.
9. FRANCIS, C.J. y TURELLE, J.W. Riego de Maíz. Boletín Agrícola 2059. Estados Unidos, Departamento de Agricultura. 1968. 14 p.
10. GUATEMALA, MINISTERIO DE AGRICULTURA. Programa Nacional de Pequeño Riego Proyecto de San Cristóbal Acasaguastlán. Guatemala, Ministerio de Agricultura, Dirección de Recursos Hidráulicos, 1967. 's.p.'
11. ----- Operación, Conservación y Tecnificación de Distritos de Riego. Guatemala, Ministerio de Agricultura, Recursos Hidráulicos, 1974. Manual 1, Vol.2.
12. GUNDERSEN, W Riego y Manejo del Agua. Guatemala, 1974. 221 p. (Mimeografiado).
13. MINERA BARILLAS, ARTURO. Comparación de Métodos para pronosticar evapotranspiración en Guatemala. Guatemala, Universidad de San Carlos, Fac. de Agronomía, 1974. 88 p. (Tesis Ing. Agrónomo).
14. NATIONAL PLANT FOOD INSTITUTE. Manual de Fertilizantes. Trad. por: M. Rodríguez. 2a. ed. México, Ed, Limuza, 1974. 291 p.

15. RAMIREZ DE LOS SANTOS, BALTAZAR. Influencia del Intervalo de riego y de la cantidad de agua aplicada sobre el rendimiento del frijol Panamito mejorado (*Phaseolus vulgaris* L.) en Moquegua. Lima Perú, Universidad Nacional Agraria La Molina, Depto. Ingeniería Agrícola, 1972. 106 p. (Tesis Ingeniero Agrícola).
16. RIVERA A, F.A. Cálculo de mermas que se registran en el peso de los granos por los procesos de limpieza y secado a que se someten. Boletín 21.A. Granos Básicos. Guatemala, INDECA, 1974. 12 p.
17. SERVICIO DE INGENIEROS AGRONOMOS. Algo sobre el cultivo del maíz. Guatemala, SEDINAGRO, 's.f.' pp. 9.
18. SNEDECOR, GEORGE W. y COCHRAN WILLIAM G. Métodos Estadísticos. Trad. por: J.D. Reynosa. México, CECSA, 1971. pp. 97, 172, 366, 368, 409 y 416.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE AGRONOMIA

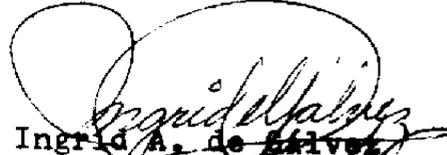
Ciudad Universitaria, Zona 12

Apartado Postal No. 1545

GUATEMALA, CENTRO AMERICA

Referencia .....
Asunto .....
.....

Vo. Bo. Por Bibliotecaria

  
Ingrid A. de Salazar  
Auxiliar de Biblioteca



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE AGRONOMIA

Ciudad Universitaria, Zona 12

Apartado Postal No. 1545

GUATEMALA, CENTRO AMERICA

Referencia	.....
Asunto	.....
	.....

IMPRIMASE:

Vo.Bo.

por

Ing. Agr. Carlos F. Estrada Castillo

DECANO

APENDICE

UNIDAD DE RIEGO  
SAN CRISTOBAL ACASAGUASTLÁN

