

DL
01
T.(906)

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMIA

CONSUMO DE AGUA PARA EL CULTIVO DE MAIZ
(ZEA MAYS), EN LA UNIDAD DE RIEGO

EL TEMPISQUE



TESIS

Presentada a la

Honorable Junta Directiva

de la

Facultad de Agronomía

de la

Universidad de San Carlos de Guatemala

Por:

MANUEL JOSE CASTRO MAGAÑA

En el acto de investidura de

INGENIERO AGRONOMO

En el grado Académico de

LICENCIADO EN CIENCIAS AGRICOLAS.

Guatemala, Junio de 1976

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

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

Dr. Roberto Valdeavellano P.

**JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE AGRONOMIA**

| | |
|---------------|--------------------------------|
| Decano: | Ing. Agr. Carlos F. Estrada C. |
| Vocal Primero | Ing. Agr. Salvador Castillo O. |
| Vocal Segundo | Ing. Agr. Mario Molina Llarden |
| Vocal Tercero | Ing. Agr. Carlos G. Aldana G. |
| Vocal Cuarto | Br. Julio Romeo Alvarez M. |
| Vocal Quinto | P.A. Victor Manuel de León |
| Secretario | Ing. Agr. Oswaldo Porres G. |

**TRIBUNAL QUE PRACTICO EL EXAMEN
GENERAL PRIVADO**

| | |
|------------|--------------------------------|
| Decano | Ing. Agr. Carlos F. Estrada C. |
| Examinador | Ing. Agr. Carlos Sanchez |
| Examinador | Ing. Agr. Angel Menendez |
| Esaminador | Ing. Agr. Mario Molina Llarden |
| Secretario | Ing. Agr. Oswaldo Porres G. |

Guatemala, 16 de junio de 1976

Señor Decano de la
Facultad de Agronomía
Ing. Agr. Carlos Estrada C,
Ciudad Universitaria

Señor Decano:

Por este medio me dirijo a usted, para manifestarle que he asesorado y revisado el trabajo de Tesis titulado "Consumo de Agua por el cultivo de maíz, en la Unidad de Riego El Tempisque", efectuado por el estudiante Manuel Castro Magaña.

Dicho trabajo de investigación, cumple los requisitos establecidos por los reglamentos respectivos para su aprobación, y al mismo tiempo constituye una contribución al estudio de las relaciones agua-suelo-planta, y al mejoramiento de las prácticas de riego en el país.

Sin otro particular, me es grato suscribirme del señor Decano, como su atento servidor.

(f) Ing. Agr. M.C. Oscar A. Gonzalez H.
Colegiado No. 96
Asesor

Guatemala, 16 de junio de 1976

Honorable Junta Directiva
de la Facultad de Agronomía
Ciudad Universitaria.

Honorable Tribunal Examinador

De conformidad con lo establecido por los estatutos que rigen a la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el alto honor de presentar a vuestra consideración el trabajo de Tesis intitulado:

“Consumo de Agua por el cultivo de Maíz (*Zea mays*), en la Unidad de Riego El Tempisque”.

Cumpliendo así con el requisito previo a optar el Título de INGENIERO AGRONOMO en el Grado Académico de LICENCIADO EN CIENCIAS AGRICOLAS, el cual espero merezca vuestra aprobación.

Aprovecho esta oportunidad para presentaros mi respetuoso saludo.

Atentamente,

(f) Manuel Castro Magaña

ACTO QUE DEDICO:

A la memoria de mi padre (Q.E.P.D)

José Luis Castro Valdiviezo

A mi madre:

María Isabel Magaña vda. de Castro

A mi Esposa:

Leticia Lemus de Castro

A mis Hijos:

Glenda Roxana
José Luis
Manolo

A mis Hermanos:

A mis familiares, en especial a:

José María Lemus A.
Elena Melgar de Lemus

Al Asesor de este trabajo:

Ing. Agr. M.C. Oscar Gonzalez H.

A la Facultad de Agronomía

A la División de Recursos Hidráulicos

A los Trabajadores de la Unidad de Riego

El Tempisque.

INDICE

Página

LISTA DE CUADROS

LISTA DE GRAFICAS

LISTA DE TABLAS

1. INTRODUCCION .
2. INFORMACION GENERAL DE LA UNIDAD DE RIEGO
 - 2.1 Localización
 - 2.2 Extensión y cultivo
3. REVISION DE LITERATURA
4. MATERIALES Y METODOS
 - 4.1 Especie y variedad de cultivo
 - 4.2 Características del sitio experimental
 - 4.2.1 Localización
 - 4.2.2 Suelo
 - 4.2.2.1 Características físicas
 - 4.2.2.2 Características Químicas
 - 4.2.3 Agua
 - 4.2.3.1 Clasificación del Agua de Riego
 - 4.2.4 Clima
 - 4.2.5 Relaciones Agua — Suelo — Planta
 - 4.2.5.1 Constantes de humedad del suelo
 - 4.2.5.2 Infiltración
 - 4.2.5.3 Estimación del uso consuntivo
 - 4.3 Historial del sitio experimental
 - 4.4 Diseño Experimental
 - 4.4.1 Variables consideradas
 - 4.4.2 Tamaño Parcela
 - 4.5 Profundidad de diagnóstico
 - 4.6 Método de control

- 4.7 Calendario de riego
 - 4.7.1 Láminas de riego
 - 4.7.2 Frecuencia de riego
 - 4.7.3 Calendario de riego
- 4.8 Desarrollo del trabajo de campo
 - 4.8.1 Levantamiento topográfico
 - 4.8.2 Preparación y desinfección del suelo
 - 4.8.3 Trazo y nivelación del lote experimental
 - 4.8.4 Siembra
 - 4.8.5 Fertilización
 - 4.8.6 Labores de cultivo
 - 4.8.7 Control de plagas
 - 4.8.8 Riegos

5. RESULTADOS Y DISCUSION

- 5.1 Número de riegos y, frecuencia e intervalo
- 5.2 Lámina de riego
- 5.3 Consumo de agua
- 5.4 Crecimiento de las plantas
- 5.5 Producción obtenida
 - 5.5.1 Resultados estadísticos
 - 5.5.2 Producción vrs. relaciones agua — suelo

6. CONCLUSIONES

7. RECOMENDACIONES

8. BIBLIOGRAFIA

LISTA DE CUADROS

- No. 1 Clasificación Agrológica de la Unidad de Riego "El Tempisque"
- No. 2 Características físicas del suelo en el sitio Experimental
- No. 3 Características Químicas del Suelo
- No. 4 Análisis de Agua
- No. 5 Porcentaje de Humedad del Suelo
- No. 6 Uso Consuntivo. Cultivo maíz unidad de Riego "El Tempisque"
- No. 7 Lámina de riego neto frecuencia y número de riegos programado
- No. 8 Calendario de Riego
- No. 9 Volumen de agua a aplicar por tratamiento
- No. 10 Variaciones promedio de la lámina de agua en el suelo en milímetros. Tratamiento A
- No. 11 Variaciones promedio de la lámina de agua en el suelo en milímetros. Tratamiento B
- No. 12 Variaciones promedio de la lámina de agua en el suelo en milímetros. Tratamiento C
- No. 13 Variaciones promedio de la lámina de agua en el suelo en milímetros. Tratamiento D
- No. 14 Altura de plantas promedio por tratamiento en centímetros durante el período de desarrollo del cultivo
- No. 15 Rendimiento obtenido en Kg/Parcela Experimental y TM/Ha.
- No. 16 Rendimiento de maíz en grano al 13o/o de humedad (TM/Ha)

No. 17 Análisis de variación del rendimiento de maíz en
TM/Ha.

LISTA DE GRAFICAS

- No. 1 Mapa de suelo de la unidad de Riego "El Tempisque"
- No. 2 Curvas de retención de humedad en el suelo
- No. 3 Curvas de infiltración promedio
- No. 4 Velocidad de infiltración instantánea, promedio y lámina infiltrada en función del tiempo.
- No. 5 Coeficiente de desarrollo del cultivo del maíz
- No. 6 Plano del lote experimental
- No. 7 Colocación de sifones en campo
- No. 8 Variaciones de lámina de agua en el suelo durante la época de cultivo. (Tratamiento A)
- No. 9 Variaciones de la lámina de agua en el suelo durante la época de cultivo. (Tratamiento B)
- No. 10 Variaciones de lámina de agua en el suelo durante la época de cultivo. (Tratamiento C)
- No. 11 Variaciones de lámina de agua en el suelo durante la época de cultivo. (Tratamiento D)
- No. 12 Lámina de agua consumida por cada tratamiento durante la época de cultivo
- No. 13 Altura de plantas promedio por tratamiento en centímetros durante el período de desarrollo del cultivo.

LISTA DE TABLAS

- No. 1 Datos climatológicos registrados en la estación Jalpatagua
- No. 2 Gastos (Q.) del sifón y tiempo de descarga por volumen requerido.

GRAFICA No. 1

PROYECTO "EL TEMPISQUE"

AREA: 1,031.4 Ha.
Escala 1:20,000



CLASIFICACION AGROLOGICA

| <u>Clase</u> | <u>Area</u> | <u>%</u> |
|--------------|--------------|-------------|
| I | 170.9 | 18.6 |
| II | 351.1 | 38.2 |
| III | 193.2 | 21.0 |
| VI | 46.8 | 5.0 |
| W | <u>158.0</u> | <u>17.2</u> |
| | 920.0 | 1000 |

1. INTRODUCCION

El desarrollo del riego en Guatemala en forma planificada tomó auge a partir de la década de 1960, con la construcción de obras de infraestructura que permitieron incorporar áreas de tierra improductiva a la producción nacional.

La construcción de la infraestructura de los sistemas de riego constituye la primera etapa del desarrollo de la agricultura bajo riego, que mediante su operación permite llevar el agua a nivel de parcelas, para incorporarlas a la producción. La segunda etapa, que es la de planificar y orientar el buen uso y manejo de los recursos suelo y agua existentes en el área puesto bajo riego, requiere de estudios investigativos que proporcionen los datos básicos necesarios.

Actualmente no se cuenta en nuestro medio con suficientes trabajos investigativos que proporcionen estos datos necesarios para la programación del riego y el uso óptimo del recurso agua, por lo que se hace necesario crear líneas de investigación en el campo de las relaciones Agua — Suelo — planta, cuyos resultados contribuyan a mejorar las técnicas de manejo y aplicación del agua.

El presente trabajo constituye una aportación a esta línea de investigación particularmente para la unidad de riego "El Tempisque" y, en forma general, desde el punto de vista metodológico, para aquellas áreas que se encuentren desarrollando agricultura bajo riego.

Para el desarrollo de la investigación se seleccionó el cultivo del maíz por ser este el de mayor importancia dentro del área de riego estudiada, utilizándose el híbrido H-3, de uso generalizado por parte de los agricultores de la región.

Se analizó la influencia de cuatro niveles mínimos de humedad aprovechable contenido en el suelo, en el desarrollo de

las plantas y producción de grano (80, 60, 40 y 20o/o). De acuerdo a los niveles mínimos de humedad varió el número de riegos durante el ciclo de cultivo, así como la lámina de agua aplicada por riego.

El objetivo de estudiar estas interacciones fué el de encontrar el régimen de humedad adecuado para obtener una máxima producción mediante el uso óptimo del agua; determinando el consumo de agua total y sus variaciones durante el ciclo del cultivo, el nivel mínimo de humedad aprovechable contenida en el suelo a que puede ser sometido el cultivo de maíz, para obtener producción por volumen de agua aplicada.

2. INFORMACION GENERAL DE LA UNIDAD DE RIEGO

2.1 Localización

La Unidad de riego El Tempisque se localiza en los municipios de Jalpatagua y Comapa, departamento de Jutiapa, sobre las márgenes del río Pululá; siendo sus coordenadas geográficas aproximadamente 14° 04' Latitud norte y 89°53' longitud oeste; la altura media es de 311.00 m.s.n.m.; el acceso al área de riego se encuentra en el kilómetro 114 de la carretera C-A-8 que conduce a la frontera de la República del Salvador.

2.2 Extensión y Cultivo.

El área total cubierta por el sistema de riego es de 507 Has. Las cuales se encuentran distribuidas entre 52 propietarios. Los cultivos que se desarrollan en el área durante la actividad agrícola bajo riego son los siguientes:

| | |
|--------|-------|
| Maíz | 70o/o |
| Sorgo | 70o/o |
| Tomate | 13o/o |
| Arroz | 5o/o |
| Chile | 2o/o |
| Pasto | 9o/o |

3. REVISION DE LITERATURA.

Actualmente en Guatemala la experiencia investigativa sobre el campo de las relaciones Agua – Suelo – Planta, que den orientaciones para el desarrollo de la agricultura bajo riego es incipiente, debido a esto se cuenta con poca literatura producida en el medio. Sin embargo en otros países se han efectuado investigaciones cuyos resultados permiten orientar esta actividad con los riesgos que esto conlleva, al considerar resultados que no se han obtenido en nuestro medio.

Por lo anterior se consultó la literatura disponible que está relacionada con los objetivos y finalidades del presente trabajo, cuyos resultados se puntualizan para orientar la metodología a seguir; a continuación se exponen los siguientes criterios que por su relación con el trabajo se considera de importancia:

El objetivo, al efectuar riegos de cualquier cultivo, es el de conservar la zona radicular bien proveida de agua en todo tiempo, para que la planta pueda hacer uso completo de los alimentos disponibles del suelo: (6)

Al analizar la morfología de las plantas se encuentra que la mayoría de ellas una gran superficie de absorción en la raíz, para la obtención de la humedad. Cerca del extremo en crecimiento de cada raíz existen muchos pelos que están en contacto directo con las partículas del suelo y con los espacios del aire donde obtienen oxígeno; mediante la fuerza osmótica y otras, los pelos de la raíz extraen la humedad de la película acuosa que envuelve cada partícula del suelo. (11)

Dos fenómenos explican como la planta obtiene la enorme cantidad de agua que consume y transpira:

- A) Por el movimiento capilar del agua hacia la raíz de la planta.

B) Por el crecimiento de las raíces en la tierra húmeda.
(11)

Al absorber humedad las raíces, la tensión al rededor de las partículas de suelo aumenta y el agua se mueve hacia esos puntos de absorción.

La eficiencia del proceso capilar depende de la cantidad de agua que se suministre en la raíz y de la velocidad con que se surte, sin embargo, cuando el contenido de humedad del suelo es bajo, se observa poco desplazamiento de la raíz y es concebible que al acercarse al punto ó nivel de marchitamiento, cualquier dotación de agua que llegue a la raíz debe moverse en su busca. (11)

A medida que el suelo se va secando en las zonas superiores, el cultivo obtiene el agua que necesita de las zonas más profundas.

En todo caso, la mayor cantidad de agua es extraída de la zona mas cercana a la superficie del suelo que es donde mayor cantidad de raíces poseen las plantas. (5)

El Patrón de distribución de raíces de los cultivos en zonas bajo riego, generalmente es en forma normal y la extracción del agua del suelo por las raíces varía de acuerdo con la profundidad. Así el 40, 30, 20 y 10o/o de la humedad extraída proviene de cada 25o/o de la profundidad de la zona de desarrollo radical. (5)

En investigaciones realizadas en el Perú, sobre la influencia de intervalo de riego y la cantidad de agua aplicada en el cultivo del frijol, se observó que cuando mayor fué el intervalo de riego y menor la cantidad de agua aplicada se afecto el crecimiento de las plantas y su rendimiento. (3)

En experimentos realizados en la Estación Regional de Riego de Carrigtón sobre el cultivo de la papa se encontró en los

rendimientos obtenidos una tendencia consistente al variar la cantidad de agua aplicada al cultivo y el análisis estadístico indicó siempre diferencias significativas entre tratamientos. (15)

En Busland, Texas se efectuaron experimentos en Sorgos para granos, con el fin de demostrar el efecto negativo de la deficiencia de humedad en el suelo sobre crecimientos y rendimientos en el cultivo.

El área de cultivo fué regada antes de la siembra y una semana antes de envainar, obteniéndose un crecimiento raquíutico del tallo, panojas más pequeños y una reducción en el rendimiento del 45o/o sobre lo normal. (8)

Experimentos realizados en varios Distritos de Riego en México, desde 1967 hasta 1973, se concluyó que el Maíz, Sorgo, Trigo, Algodón y Soya, se desarrollaron y produjeron mejor, regados cada vez que la humedad aprovechable en el suelo, en la capa de 0-30-cms, fluctúa entre 10 y 20o/o durante una primera etapa de crecimiento de estos cultivos (Siembra-floracion) y entre 20 y 30o/o en una segunda etapa (floracion-maduración) (10)

En el valle de Yaqui, Sonora, México, utilizando el método de riego por goteo en maíz se comprobaron tres láminas totales (24, 44 y 21 cm. y 2 frecuencias de riego 1 y 7 días, los riegos de formularon en base a las curvas de consumo de agua del cultivo, obteniéndose las siguientes conclusiones.

- 1) En éste método de riego la frecuencia de riego no influyó en el rendimiento.
- 2) A mayor lámina aplicada se obtuvo mejor rendimiento.
- 3) Se puede aplicar una lámina de agua igual al consumo estimado por el riego convencional. (1)

Al analizar las experiencias investigativas enumeradas se encontró que no existe uniformidad en la metodología empleada en los trabajos realizados, que permitiera orientar el desarrollo del presente trabajo. Este problema ha sido considerado ya en el

VI Seminario Latinoamericano de Irrigación y Drenaje (2) en donde se establece la metodología experimental para este tipo de investigaciones y cuyas recomendaciones se siguen en este trabajo, en lo posible.

4 MATERIALES Y METODOS

4.1 Especie y Variedad de cultivo

El trabajo se efectuó en el cultivo de Maíz (*Zea mays*) por ser la especie de mayor importancia actual dentro de la zona de riego, utilizando semilla del híbrido H-3 que se deriva de varias combinaciones de Tuxpeño, Salvadoreño, Eto y los Cristalinos cubanos y Costeño Tropical, variedades de alto rendimiento, que se distribuyen en Centro América y que proporcionan complejos germeoplasmicos como base para la mayoría de los programas de mejoramiento en las zonas tropicales. Las plantas híbrido H-3 alcanzan un altura de 219 cms, con una profundidad de raíces en suelos profundos de 140 cms; su período de floración promedio es a los 55 días.

Se han alcanzado con una densidad de plantas de 50000/Ha. Rendimientos promedios de 3200 Kg (70 qq) (4)

4.2 Características del Sitio Experimental

4.2.1 Localización:

El sitio donde se efectuó el experimento se seleccionó con el criterio de que representara la mayor área posible dentro de la Unidad de Riego, para lo cual se tomó como guía la clasificación agrológica semidetallada efectuado por el Departamento de Estudios de Suelos de la Dirección de Recursos Naturales Renovables, que se muestran en el cuadro No. 1.

CUADRO No. 1

CLASIFICACION AGROLOGIA UNIDAD DE RIEGO "EL
TEMPISQUE" (1)

| Clase Agrológica | Extensión Has. | o/o Area Total |
|------------------|----------------|----------------|
| I | 170.9 | 18.60 |
| II | 351.1 | 38.2 |
| III | 193.2 | 21.0 |
| VI | 46.8 | 5.0 |
| W | 158.0 | 17.2 |

- (1) Estudio de suelos semidetallado del Proyecto El Tempisque Ing. Agr. M.S.
Francisco J. Mazariegos A. Division de Suelos DIRENARE. M.A. (1973)

De acuerdo al cuadro anterior el sitio experimental se localizó dentro de la clase agrológica II, por ser ésta la que abarca mayor area dentro de la Unidad de Riego. (ver Grafica No. 1).

4.2.2 Suelo

4.2.2.1 Características Físicas

Para determinar las características físicas del suelo en el sitio experimental se realizó una calicata de 1 x 1 x 1 metro, y se tomaron las muestras para su análisis mecánico de laboratorio; obteniéndose lo siguiente:

La textura del suelo en su perfil varía de franco arcilloso a franco arenoso, de estructura en bloque Sub--angulares bien definidos en su profundiad de 0--55 cm. y sin estructura a mayor profundidad, el relieve es plano y suelos medianamente profundos, el contenido de materia orgánica es mediana. Los resultados del análisis de laboratorio se muestra en el cuadro No. 2.

CUADRO No. 2

CARACTERISTICAS FISICAS DEL SUELO EN SITIO EXPERIMENTAL

| Prof. cm. | o/o Arcilla | o/o Limo | o/o Arena | Textura | Densidad Aparente | Contenido de M. O. |
|--------------|----------------|-------------|--------------|---------------|----------------------|-----------------------|
| 0 - 12 | 32-38 | 41-75 | 25-87 | Franco Arci. | 1.1065 | 4.83 |
| 12 - 45 | 51.92 | 28.26 | 19.83 | Arcilloso | 1.0581 | 4.27 |
| 45 - 55 | 29.16 | 27.46 | 43.38 | Franco Arci. | 1.1471 | 1.66 |
| 55 - 104 | 12.78 | 34.84 | 52.38 | Franco Areno. | 1.2369 | 0.55 |

4.2.2.2 Características Químicas.

Las características químicas del suelo, en el sitio experimental se determinaron en el laboratorio y se describen en el cuadro No. 3.

La capacidad total de intercambio es mediana en todo el perfil considerándose la capacidad de retención de fertilidad de acuerdo a esto y a las características físicas mediana, el calcio intercambiable es alto y el magnesio de mediano a alto. El contenido de Sodio es bajo y el Potasio intercambiable mediano, el p.H ligeramente ácido a neutro.

En cuanto al nitrógeno asimilable se encuentra deficiente, al igual que el fósforo.

El potasio se encuentra en nivel adecuado, sin embargo para fines de producción es recomendable la fertilización con una fórmula completa.

4.2.3 Agua

El abastecimiento del agua de riego utilizado en el experimento provino del sistema de derivación localizado en el río Pululá, que abastece a la Unidad de Riego El Tempisque.

4.2.3.1 Clasificación del agua de Riego.

Según el análisis de Laboratorio el agua de riego, ésta se clasifica de acuerdo a las normas establecidas en el Manual 60 del USDA, como de calidad C₁ S₁, de buena calidad para ser utilizada en riego. (Ver cuadro No. 4).

CUADRO No. 3

CARACTERISTICAS QUIMICAS DEL SUELO

(Miliequivalentes o/o 100 gramos de suelo)

| Prof. cm. | Capacidad to- tal de inter- cambio | Ca. | Mg. | Na. | K. | H | Satura- ción en Base | P. ^H | Asimilables | | |
|--------------|--|-------|------|------|------|-------|----------------------------|-----------------|-------------|----|-----|
| | | | | | | | | | N | P | K |
| 0 - 12 | 38 - 96 | 16.57 | 9.69 | 0.83 | 1.24 | 10.19 | 72.69 | 6.75 | 16 | 26 | 190 |
| 12 - 45 | 51 - 29 | 21.36 | 9.31 | 0.68 | 0.35 | 19.59 | 61.81 | 6.62 | — | — | — |
| 45 - 55 | 34 - 84 | 14.68 | 7.87 | 0.69 | 0.30 | 11.10 | 68.14 | 6.77 | — | — | — |
| 55 - 104 | 19 - 47 | 8.45 | 4.95 | 0.64 | 0.25 | 5.18 | 73.39 | 7.35 | — | — | — |

CUADRO No. 4
ANALISIS DE AGUA

| Procedencia | No. Muestra | CATIONES | | | | | | | | | | ANIONES | | | | | | | | |
|-------------|----------------|----------|-----|-----|------|-----------------|------|------|-----------------|-----------------|----------|---------|-----------------|---|------|-------|------|------|----|----|
| | | Ca. | Mg. | Na. | K | CO ₃ | HCO | CL | NO ₃ | SO ₄ | o/o S.S. | RAS | Na ₂ | | | | | | | |
| Rio Pululá | 75-472 | 8.05 | 200 | 228 | 1.37 | 2.34 | 0.20 | 0.48 | 0.57 | 0.12 | 1.25 | 0.62 | 0.22 | 0 | 0.25 | 41.60 | 1.38 | 1.19 | Cl | Si |
| | 75-473 | 8.30 | 200 | 210 | 1.37 | 2.34 | 0.19 | 0.48 | 0.48 | 0.12 | 1.12 | 0.77 | 0.20 | 0 | 0.25 | 42.33 | 1.42 | 1.22 | Cl | Si |
| | 75-474 | 8.38 | 200 | 215 | 1.33 | 2.18 | 0.20 | 0.45 | 0.57 | 0.11 | 1.16 | 0.71 | 0.18 | 0 | 0.13 | 42.85 | 1.41 | 1.22 | Cl | Si |

4.2.4 Clima:

La Unidad de riego El Tempisque ésta ubicada dentro de la formación ecológica subtropical seca, según la clasificación de Holdridge y Masson, predominando un clima seco.

De acuerdo a los datos climáticos registrados en la estación meteorológica No. 10.9.1 de Jalpatagua, durante el período 1964-74 las características principales del clima son la siguiente:

Temperatura promedio máxima de 32.1°C., Mínima 22.7°C. y Media de 27.4°C.; la precipitación anual promedio es de 1112 m.m. con un promedio de 43 días de lluvia anual.

De acuerdo a la distribución de las lluvias durante el año se presentan dos épocas bien definidas, una húmeda, que va del mes de mayo a octubre y una seca, que va de noviembre a abril; durante la época lluviosa en los meses de mayo a julio se presentan aproximadamente el 50o/o de la precipitación con lluvias de mayor intensidad y durante los meses de agosto a octubre el otro 50o/o aproximadamente, mejor distribuida.

Los meses donde se presenta la máxima de temperatura son marzo y abril y la mínima durante el mes de enero.

Los datos climatológicos promedios mensuales se presenta en la tabla No. 1.

ITABLA No. 1

DATOS CLIMATOLOGICOS REGISTRADOS EN LA ESTACION DE JALPATAGUA

| Mes | Precipitación | | Temperatura C ^o | | | Horas luz Solar | (1) |
|------------|---------------|-------------|----------------------------|--------|-------|-----------------|-----|
| | m.m | Días lluvia | Máxima | Mínima | Media | o/o | |
| Enero | 0 | 0 | 33.2 | 20.6 | 26.9 | 7.08 | |
| Febrero | 0 | 0 | 33.4 | 21.5 | 27.4 | 7.39 | |
| Marzo | 5.7 | 1 | 33.7 | 22.7 | 28.2 | 8.43 | |
| Abril | 50.2 | 2 | 34.2 | 24.1 | 29.2 | 8.44 | |
| Mayo | 139.2 | 8 | 32.5 | 24.0 | 28.2 | 8.90 | |
| Junio | 262.1 | 11 | 29.9 | 23.3 | 26.6 | 8.73 | |
| Julio | 226.7 | 10 | 32.1 | 23.3 | 27.7 | 8.99 | |
| Agosto | 244.1 | 11 | 30.4 | 23.5 | 27.0 | 8.79 | |
| Septiembre | 152.4 | 8 | 30.6 | 22.9 | 26.8 | 8.25 | |
| Octubre | 31.6 | 2 | 31.9 | 22.6 | 27.2 | 8.28 | |
| Noviembre | 0 | 0 | 31.7 | 22.1 | 26.9 | 7.85 | |
| Diciembre | 0 | 0 | 31.2 | 21.6 | 26.4 | 8.04 | |
| Total | 1112.0 | 43 | 32.1 | 22.7 | 27.4 | | |

(1) Porciento teórico de horas luz o insolación en el día por cada mes del año; en relación al número total anual, para latitud de 14^o.

4.2.6 Relaciones Agua-Suelo-Planta.

4.2.5.1 Constantes de humedad del suelo.

En el Laboratorio se determinaron en olla y placa de presión las constantes de humedad del suelo, sometiendo las muestras de suelo a tensiones 1/3, 1,2,4,5,10 y 15 atmósferas para elaborar las curvas de humedad correspondientes a cada estrato de perfil (Cuadro No. 5 y gráfica 2).

De acuerdo a estos resultados el contenido de humedad varia dentro del perfil de 26.69 a 45.52o/o en capacidad de campo (cc.) y de 10.69 a 30.43 en el punto de Marchites Permanentes (PMP) el porcentaje de humedad aprovechable (H.A.) varía de 15.09 a 16.58o/o.

CUADRO No. 5
PORCENTAJE DE HUMEDAD DEL SUELO

| Profundidad cm. | Tensión en atmósfera | | | | | | Humedad aprovechable | |
|--------------------|----------------------|-------|-------|--------------|--------------|-------------------|----------------------|------|
| | 1/3 ⁽¹⁾ | 1 | 2 | 5 | 10 | 15 ⁽²⁾ | o/o | (HA) |
| 0 - 12 | 37.15 | 28.32 | 25.09 | 22.85 | 21.33 | 20.57 | 16.58 | |
| 12 - 45 | 45.52 | 39.69 | 37.84 | 34.10 | 31.65 | 30.43 | 15.09 | |
| 45 - 55 | 35.86 | 28.46 | 25.91 | 22.51 | 21.35 | 20.42 | 15.44 | |
| 55 - 104 | 26.69 | 17.92 | 15.21 | 12.82 | 11.17 | 10.69 | 15.96 | |

(1) o/o de humedad en capacidad de campo (C.C).

(2) o/o de humedad en punto de Marchitez Permanente (PMP).

4.2.5.2 Infiltración:

Se efectuaron pruebas de infiltración en campo utilizando el método del cilindro. Los resultados se gráfcaron para determinar las fórmulas de infiltración (Gráficas Nos. 3 y 4).

4.2.5.3 Estimación del uso Consuntivo

Se estimó el uso Consuntivo del maíz utilizando la fórmula empírica propuesta por Blaney y Criddle, tomando como base los datos climatológicos reportados en Tabla No. 1, en la siguiente forma:

A) Uso Consuntivo Global

$$UC\ G = FKG \quad (1)$$

$$F = \xi f \quad (2)$$

$$F = (0.457 t + 8.13) P \quad (3)$$

donde:

UC G = Uso Consuntivo global

K G = Coeficiente global del desarrollo del cultivo: (0.7 para maíz)

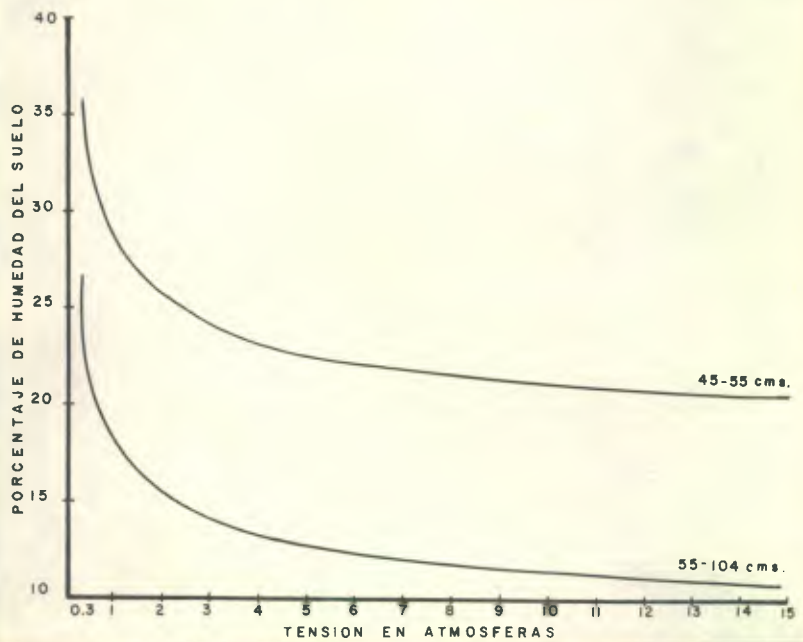
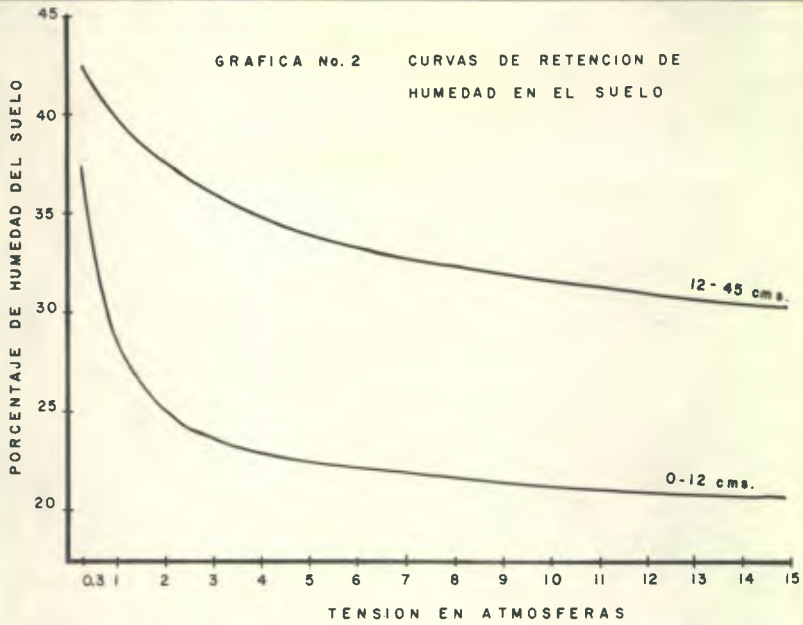
t = Temperatura media mensual en °C.

P = o/o de horas luz solar teórico en relación al total anual de acuerdo a latitud.

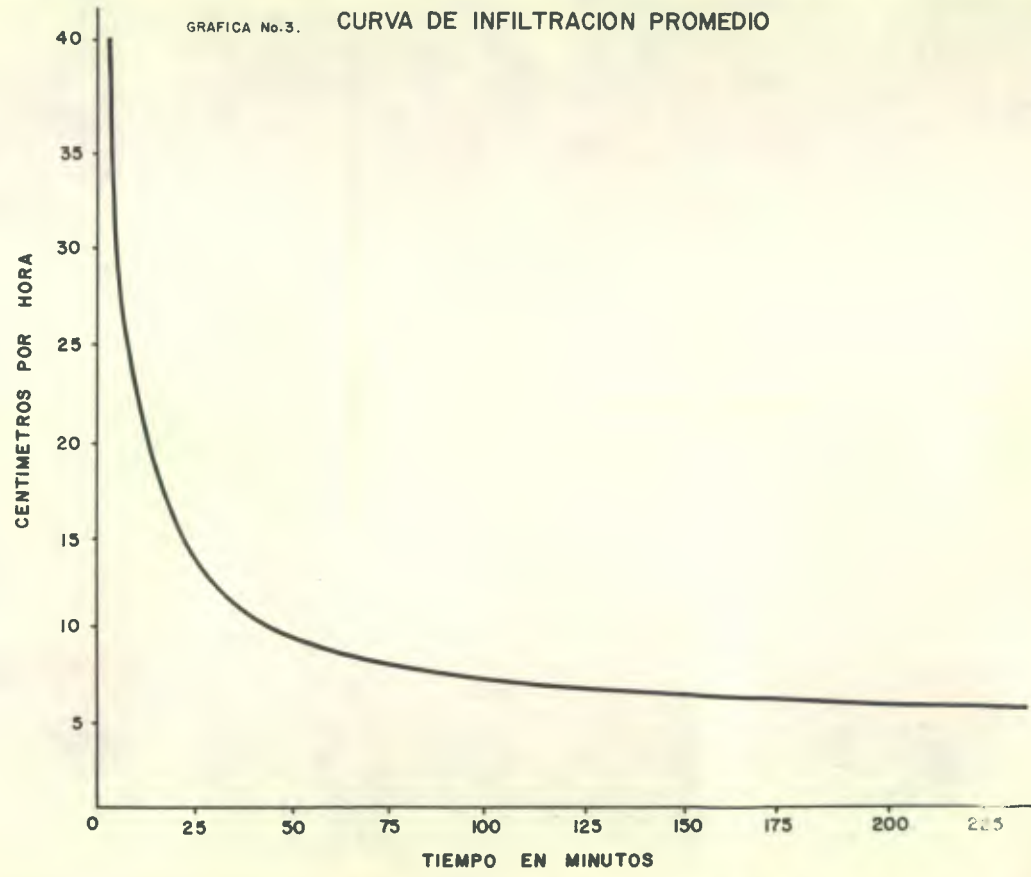
B) Uso consuntivo mensual.

Para el cálculo del uso consuntivo mensual se determinó el uso consuntivo mensual no corregido utilizando los coeficientes de desarrollo mensual del cultivo, de acuerdo a la grafica No. 5, mediante la siguiente expresión.

GRAFICA No. 2 CURVAS DE RETENCION DE HUMEDAD EN EL SUELO

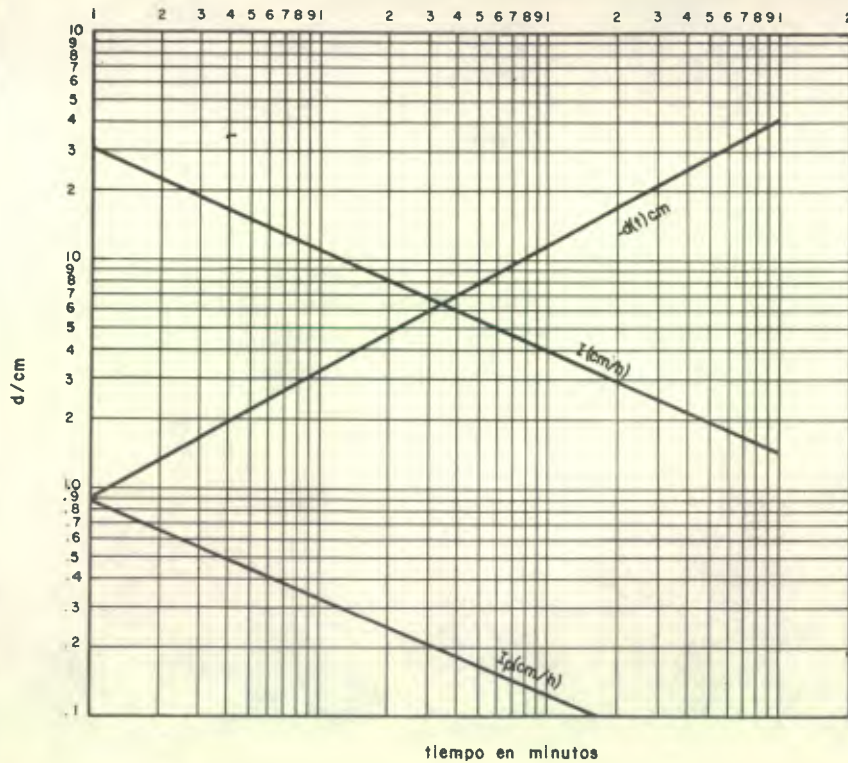


GRAFICA No.3. CURVA DE INFILTRACION PROMEDIO



GRAFICA No. 4.

VELOCIDAD DE INFILTRACION INSTANTANEA Y PROMEDIO
LAMINA INFILTRADA EN FUNCION DEL TIEMPO



$$d = 0.9 t^{0.56}$$

$$I = 30.2 t^{-0.44}$$

$$I_p = \frac{0.9 t^{0.56}}{t}$$

d : LAMINA INFILTRADA

I : INFILTRACION INSTANTANEA

I_p : INFILTRACION PROMEDIO

t : TIEMPO

$$ucm' = f \times Kc. \quad (4)$$

$$UC' = UC = \sum w c m \quad (5)$$

donde:

ucm' = Uso Consuntivo mensual no corregido.

f = Factor de Blaney y Criddle.

Kc = Coeficiente de desarrollo del cultivo

UC' = Uso consuntivo total no corregido.

El uso Consuntivo mensual corregido se calculó mediante el uso del factor de corrección K' , resultante de la siguiente relación:

$$K' = UC_q / UC' \quad (6)$$

Luego multiplicando el valor obtenido de K' por el uso Consuntivo mensual no corregido (ucm') se obtuvo el uso Consuntivo mensual corregido, o sea:

$$UC_o = \sum w c m_o = (f \times K' \times Kc) \quad (7)$$

donde:

UC_o = Uso Consuntivo total corregido

ucm_o = Uso Consuntivo mensual corregido

Kc = Coeficiente de desarrollo mensual del cultivo

K' = Coeficiente de corrección.

El uso Consuntivo diario promedio fué estimado, dividiendo el uso Consuntivo mensual corregido entre el número

de días de cada mes, durante el período en que se realizó la experiencia.

$$ucd = \frac{ucm}{\text{días mes}} \quad (8)$$

Los resultados de la estimación del uso consuntivo del maíz, sembrado el 1o. de marzo de 1975 se muestra en el Cuadro No. 6

4.3 Historial del Sitio Experimental.

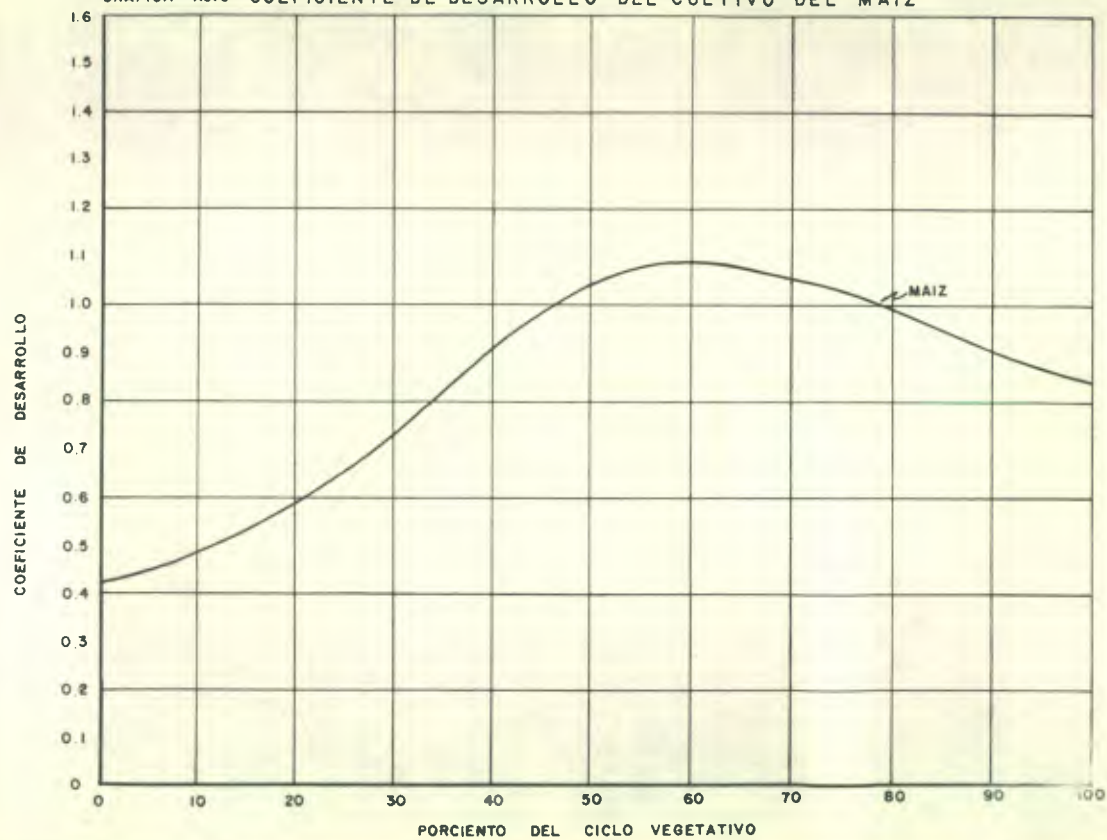
El sitio experimental se encuentra situado dentro de un campo de cultivo, el cual ha sido utilizado durante varios años para la siembra de Maíz y Sorgo logrando dos períodos de cultivo a través del año, uno durante estación lluviosa (Mayo-Noviembre) acostumbrando efectuar cultivo intercalado de Maíz-Sorgo; el segundo período se ha empleado para el cultivo del maíz bajo prácticas de riego durante los meses de febrero a mayo.

De acuerdo a lo anterior es de hacer notar que no se ha realizado ninguna rotación de cultivos, lo que ha ocasionado una baja en la fertilidad en los suelos, que se ve reflejada en los rendimientos obtenidos tradicionalmente que oscilan entre 1900 a 1600 Kg/Ha. de rendimiento en grano, obteniéndose los mayores rendimientos en épocas lluviosas.

El sistema de preparación del terreno se ha efectuado utilizando arados con tracción animal, roturando en forma deficiente el suelo. La siembra se ha efectuado a mano empleando macana (1). Algunas veces se ha aplicado fertilizante nitrogenado a razón de 3 qq./Ha. en una sola aplicación sin obtenerse resultados satisfactorios en el rendimiento de producción.

(1) Instrumento tradicional de la región, consistente en una estaca larga con punta de metal.

GRAFICA No.5 COEFICIENTE DE DESARROLLO DEL CULTIVO DEL MAIZ



CUADRO No. 6

USO CONSUNTIVO – CULTIVO MAIZ
UNIDAD DE RIEGO: “EL TEMPISQUE”

| Fórmulas o ecuaciones | Marzo | Abril | Mayo | Total | Unidad de Medida |
|---|--------|--------|--------|--------|------------------|
| (3) $f = (0.457t + 8.13) P$ | 172.55 | 174.69 | 179.33 | | |
| (1) $F = \sum f$ | | | | 526.57 | |
| (1) $Ucg = FxKg$ | | | | 368.60 | milímetros |
| (4) $ucm' = fxKc$ | 94.90 | 183.42 | 156.02 | | milímetros |
| (5) $UC' = \sum ucm'$ | | | | 434.34 | milímetros |
| (6) $K' = UCg/UC'$ | | | | 0.8487 | |
| (7) $ucmo = ucm' x K'$ | 80.54 | 155.66 | 132.40 | | |
| (7) $UCo = \sum ucmo$ | | | | 368.60 | milímetros |
| (8) $ucd = \frac{ucm}{\text{días mes}}$ | 2.60 | 5.19 | 4.27 | | milímetros |

4.4 Diseño Experimental.

El diseño experimental empleado fué el de bloques al azar bajo el modelo estadístico siguiente:

$$Y_{ij} = \bar{\mu} + B_{ij} + T_{ij} + E_{ij} \quad (9)$$

4.4.1 Variables consideradas

La variable a estudiar fué el nivel mínimo de humedad aprovechable contenida en el suelo, para lo cual se establecieron los tratamientos siguientes:

| Tratamiento | Nivel Mínimo de H.A. (o/o) |
|-------------|-------------------------------|
| A | 80 |
| B | 60 |
| C | 40 |
| D | 20 |

En cada tratamiento se realizaron tres repeticiones que se distribuyeron en el lote experimental en cuatro bloques en forma al azar.

4.4.2 Tamaño de Parcela.

La parcela experimental tomada como unidad para cada repetición de tratamiento estuvo constituida por una área total de 30 Mts. cuadrados (5 mts de ancho por 6 mts. de largo).

El número de surcos por parcela fué de 5, distanciados a un metro cada uno, dejando 2 mts de ancho entre parcela y parcela. La distancia de siembra entre plantas fué de 0.25 mts, con dos semillas por postura, haciendo un total de 240 plantas por parcela. El area útil experimental de cada parcela fué de 25 mts. cuadrados con un total de 200 plantas.

La densidad de siembra utilizada equivale a 80,000 plantas/Ha.

4.5 Profundidad de diagnóstico.

Tomando en cuenta el desarrollo radicular de la especie utilizada (Maíz Híbrido H-3) en la cual el 60o/o de su sistema radicular se encuentra distribuido en una profundidad de 55 Cm., se tomó como profundidad de diagnóstico para la toma de muestras una profundidad de 27 cm.

4.6 Método de Control.

Para el control de las variaciones del contenido de humedad del suelo se efectuó el muestreo 24 horas antes de cada riego y 24 horas después de efectuado, tomando la muestra de suelo de acuerdo a la profundidad de diagnóstico establecida.

Por limitaciones de equipo de campo que permitiera llevar un mejor registro de las variaciones de humedad en el suelo y poder establecer el momento de aplicar el riego, se elaboró un calendario que sirvió de guía para su aplicación.

4.7 Calendario de Riego.

4.7.1 Láminas de riego.

En base a las constantes de humedad del suelo y las características físicas enumeradas en los cuadros No. 5 y 2 respectivamente se estimó la lámina de riego neta, mediante la siguiente expresión: (Cuadro No. 7).

$$Lrn = \Theta (C.C. - P.M.P) \times Da \times Z.$$

(10)

donde:

Lrn = Lámina de riego neta en cm.

Θ = o/o de humedad aprovechable consumido
(de acuerdo a tratamiento).

LAMINA DE RIEGO NETA, FRECUENCIA Y NUMERO DE RIEGOS PROGRAMADO

| TRATAMIENTO | MARZO | | | ABRIL | | | MAYO | | | TOTAL: | |
|-------------|-----------|------------|------------------|-----------|------------|------------------|-----------|------------|------------------|-----------|------------------|
| | Lrn mm | fr días | No. de riegos | Lrn mm | fr días | No. de riegos | Lrn mm | fr días | No. de riegos | Lrn mm | No. de riegos |
| A | 18.5 | 6 | 6 ⁽¹⁾ | 18.5 | 4 | 7 | 18.5 | 5 | 6 | 351.5 | 19 |
| B | 36.8 | 13 | 3 ⁽¹⁾ | 36.8 | 7 | 4 | 36.8 | 9 | 4 | 404.8 | 11 |
| C | 55.2 | 20 | 2 ⁽¹⁾ | 55.2 | 10 | 3 | 55.2 | 13 | 3 | 441.6 | 8 |
| D | 73.6 | 26 | 2 ⁽¹⁾ | 73.6 | 14 | 2 | 73.6 | 17 | 2 | 441.6 | 6 |

(1) Incluye el 1er. riego momento después de la siembra.

- CC = Capacidad de Campo expresado en o/o de humedad.
- P.M.P. = Punto de Marchitez permanente expresado en o/o de humedad.
- Da = Densidad aparente. (Gr/cm³)
- Z = Profundidad de mojado en metros.

4.7.2 Frecuencia de Riego.

Se estableció la frecuencia de riego para cada uno de los tratamientos tomando en cuenta el uso consuntivo promedio diario en cada mes que abarcó el experimento; según la siguiente expresión: (Cuadro No. 7).

$$Fr = \frac{Lrn}{UCd} \quad (11)$$

donde:

- Fr = Frecuencia de riego en días.
- Lrn = Lámina de riego neta en cm.
- UCd = Uso consuntivo promedio diario en cm.

4.7.3 Calendario de riego:

Una vez calculada la lámina de riego neta (Lrn) y la frecuencia de riego (Fr) se calendarizó la aplicación de riego para cada tratamiento, lo cual se tomó como guía en el riego de cada parcela experimental. El calendario se muestra en el Cuadro No. 8.

4.8 Desarrollo del Trabajo de Campo.

4.8.1 Levantamiento Topográfico.

Se efectuó un levantamiento topográfico de nivelación para elaborar el plano del lote experimental, para el diseño de las regaderas que se utilizaron para la aplicación del agua de riego y para efectuar el trazo de las parcelas del lote experimental, así como para efectuar la distribución al azar de los tratamientos. (Gráfica No. 6).

4.8.2 Preparación y desinfección del suelo.

La roturación del suelo se efectuó a través de un tractor y arado de discos, realizando dos pasadas en forma cruzada; la profundidad de roturación fué de 40 centímetros. Para homogenizar esta roturación se efectuó el paso de grada o rastra aprovechando esta labor para incorporar al suelo, Bazudin 100, insecticida en polvo para el control de las plagas del suelo, a razón de 8 Kg/Ha.

4.8.3 Trazo y Nivelación de lotes experimental.

De acuerdo al plano elaborado para el efecto (Gráfica No. 6), se efectuó el trazo de las parcelas del lote experimental, de las regaderas necesarias, surcos de siembra, efectuando previamente una nivelación o conformación del terreno para propiciar una mejor aplicación del riego.

4.8.4 Siembra.

La siembra se efectuó el 1o. de marzo de 1975, utilizando semilla de Maíz híbrido H-3, esta se efectuó con el sistema tradicional de la zona utilizando macana y depositando dos semillas por postura a una distancia de 0.25 metros entre posturas y 1.00 entre surcos.

CUADRO No. 8

CALENDARIO DE RIEGO

UNIDAD DE RIEGO "EL TEMPISQUE"

CULTIVO: MAIZ (H-3)

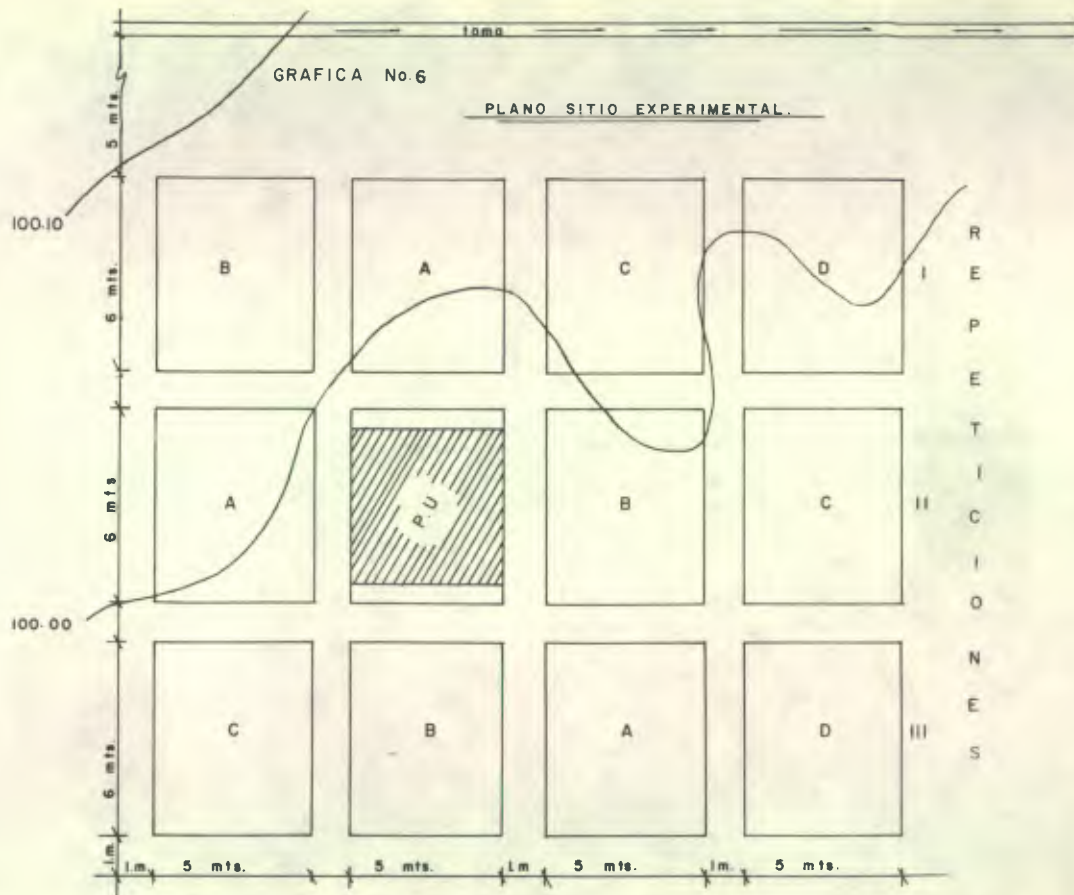
FECHA DE SIEMBRA I/III/75

| M E S | TRATAMIENTO | PROGRAMADO | | EJECUTADO | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | No. de Riegos | |
|-----------------------|-------------|------------|---|-----------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---------------|---|
| | | P | E | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | | |
| M A R Z O | A | P | | ■ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 6 |
| | | E | | | | | | | | ■ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 6 |
| | B | P | | ■ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 3 |
| | | E | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 3 |
| | C | P | | ■ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 2 |
| | | E | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 2 |
| D | P | | ■ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 2 | |
| | E | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 2 | |
| A B R I L | A | P | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 7 | |
| | | E | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 7 | |
| | B | P | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 4 |
| | | E | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 4 |
| | C | P | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 3 |
| | | E | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 3 |
| D | P | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 2 | |
| | E | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 2 | |
| M A Y O | A | P | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 6 | |
| | | E | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 4 | |
| | B | P | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 4 |
| | | E | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 2 |
| | C | P | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 2 |
| | | E | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 |
| D | P | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 2 | |
| | E | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 2 | |

OBSERVACIONES P = Programado
E = Ejecutado

GRAFICA No.6

PLANO SITIO EXPERIMENTAL.



TRATAMIENTOS.

P U = parcela util.

4.8.5 Fertilización

La fertilización se efectuó en base a las recomendaciones formuladas por el Laboratorio de Nutrición Vegetal del Instituto de Ciencias y Tecnología Agrícola (ICTA), de acuerdo al análisis de fertilidad de las muestras de suelo provenientes del lote experimental. La primera fertilización se efectuó al momento de la siembra con fertilizante completo (fórmula 15-15-15) aplicando un equivalente de 360 Kg/Ha. (8qq/Ha). La aplicación del fertilizante se localizó 4 centímetros más o menos, abajo de la semilla en forma manual cubriéndose éste para luego colocar la semilla para evitar su contacto directo.

La segunda fertilización se efectuó 45 días después, cuando el cultivo estaba próximo a la floración; la aplicación del fertilizante, se hizo en bandas laterales al surco cubriéndolo al efectuar la labor de aporque efectuado con azadón. En esta aplicación se utilizó fertilizante nitrógeno (Urea 46o/o de nitrógeno). A razón de 180 Kg/Ha (4 qq/Ha.).

4.8.6 Labores de Cultivo.

Se efectuaron dos limpiezas de malezas 15 y 30 días después de la siembra; esta labor se efectuó utilizando un instrumento de labranza manual; a los 45 días después de la siembra se efectuó el aporque con azadón.

4.8.7 Control de Plagas.

Como medida preventiva se desinfectó el suelo tal como se indica en el inciso 4.8.2.

Durante el período de cultivo se presentaron las plagas siguientes:

A los 10 días se presentó incidencia de *Diabrotica* sp. (Tortuguilla) la cual se combatió aplicando el insecticida sistémico Dimecron 100, en dosis de 1.5 lts./Ha; esta aplicación fue suficiente para el control de dicha plaga. 18 días después se

controló un ataque de *Laphygma frugiperda* (gusano cogollero). Aplicando el insecticida Carbicron dosificado a razón de 2 lts/Ha.

Transcurrido un período de 35 días se efectuó el control de *Heliothis zea* (gusano helotero) aplicando el mismo insecticida y dosificación utilizada para el gusano cogollero.

4.8.8 Riegos.

Para la ejecución del riego se construyó una acequia en la cabecera del lote experimental de donde se derivó el agua de riego por medio del método de sifón y conducida a cada parcela a través de un tubo flexible transparente de 0.0.06" de espesor. (Gráfica No. 7).

El procedimiento para efectuar la derivación del agua a aplicar en el lote experimental fué el siguiente:

a) Instalación de bases de apoyo de los puntos de salida de los sifones, se colocaron bases firmes de apoyo consistentes en trompos de madera más o menos 10 centímetros arriba de los surcos a regar en la parte exterior de la acequia; en la parte central interior de la acequia se colocó otro trompo al mismo nivel que el anterior. En ambos trompos se apoyó al momento del riego un caballete con graduación para el control de la carga (h) a la cual debía de trabajar los sifones para derivar el caudal o volumen requerido en cada uno de los tratamientos. De estos puntos se colocaron cuatro, uno para cada bloque de tratamiento.

b) Conexión del sifón al tubo de polietileno.

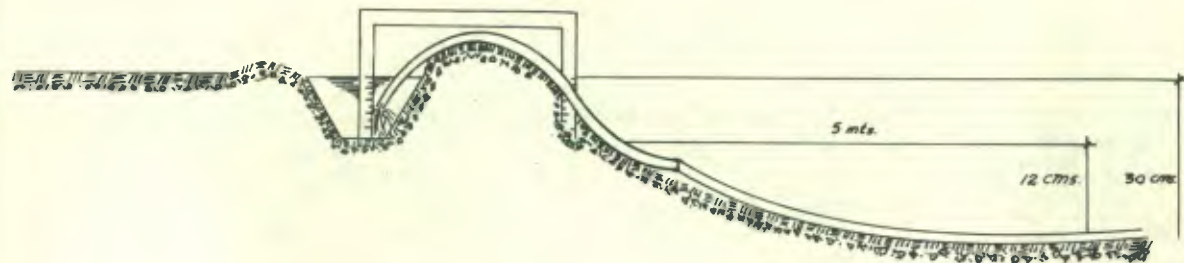
Para conducir el agua derivada por el sifón se colocó un tubo de polietileno flexible de longitudes variables de acuerdo a distancias de cada una de las parcelas a regar.

c) Medición del agua.

De acuerdo al área a regar y la lámina de riego en cada tratamiento, se calculó el volumen de agua a aplicar.

Grafica No.7

COLOCACION DE SIFONES EN EL CAMPO



Para determinar el tiempo necesario para derivar cada volumen se elaboró una tabla de el tiempo de descarga para utilizar sifones de 1.74" de diámetro. El caudal (Q) para un sifón esta dado por la siguiente fórmula.

$$Q = K \times C_d \times A \times \sqrt{2gh} \quad (12)$$

donde:

Q = Caudal lts/seg.

Cd = Coeficiente de descarga
del sifón = 0.6.

A = Area transversal del flujo en/Cm²

h = Carga en centímetros. (Diferencia entre el nivel del agua en la acequia y el centro de la salida del sifón.

K = Coeficiente de conversión a litros/seg. = 0.001.

Considerando que en la expresión (12) los valores de K, Cd, A y g son constantes esta se puede expresar como sigue:

$$Q = K \sqrt{h} \quad (13)$$

donde:

$$K = k \times c_d \times A \sqrt{2g} \quad (14)$$

Quedando el caudal (Q) en función de h de acuerdo a esta relación se elaboró la tabla No. 2 de gastos en función de h.

De acuerdo a los volúmenes a aplicar por tratamiento se calculó los tiempos de descarga, la cual sirvió de base para la aplicación del riego.

d) Volumen a aplicar por surco.

Para el cálculo del volumen de agua a aplicar por surco para cada tratamiento se utilizó la siguiente expresión:

$$V = Lrn \times A$$

donde:

V = Volumen en dm^3 (litros)

Lrn = Lámina en milímetros

A = Area en metros cuadrados

(ancho x longitud de surco)

Los resultados se muestran en el Cuadro No. 9.

TABLA No. 2

GASTO (Q) DEL SIFON (ϕ -1.74") Y TIEMPO DE DESCARGA
POR VOLUMEN REQUERIDO

| | | Volumen requerido por tratamiento litros/surco | | | |
|-------|------------|--|------------|------------|------------|
| | | A | B | C | D |
| | | 110.4 lts. | 220.8 lts. | 331.2 lts. | 441.6 lts. |
| h/Cm. | Q(lts/Seg) | minutos | minutos | minutos | minutos |
| 7 | 0.87 | 126 | 252 | 380 | 507 |
| 8 | 0.93 | 118 | 236 | 356 | 474 |
| 9 | 0.98 | 112 | 224 | 338 | 450 |
| 10 | 1.04 | 106 | 212 | 318 | 424 |
| 11 | 1.09 | 101 | 202 | 304 | 405 |
| 12 | 1.14 | 96 | 192 | 290 | 387 |
| 13 | 1.19 | 92 | 184 | 278 | 371 |
| 14 | 1.23 | 89 | 178 | 269 | 358 |
| 15 | 1.26 | 87 | 174 | 263 | 350 |

CUADRO No. 9

VOLUMEN DE AGUA A APLICAR POR TRATAMIENTO

| Tratamiento | Litros/Surco |
|-------------|--------------|
| A | 110.4 |
| B | 220.8 |
| C | 331.2 |
| D | 441.6 |

5. RESULTADOS Y DISCUSION

5.1 Número de riegos, frecuencia e intervalo.

Los riegos fueron ejecutados tomando como guía el calendario de riego elaborado en base a las estimaciones de consumo de agua del cultivo de maíz, para la zona donde se efectuó el ensayo, tomando en cuenta los factores climáticos y las características de retención de humedad del suelo.

El calendario de riego programado y ejecutado se muestra en el Cuadro No. 8. En resumen el número de riego aplicado por tratamiento fué el siguiente:

| Tratamiento | Nivel Mínimo de H A. (o/o) | No de Riegos | |
|-------------|-------------------------------|--------------|----------|
| | | Programado | Aplicado |
| A | 80 | 19 | 16 |
| B | 60 | 11 | 9 |
| C | 40 | 8 | 6 |
| D | 20 | 6 | 5 |

La diferencia entre el número de riegos programados y aplicados se debió a que fueron suspendidos a partir del 14 de mayo, por considerar que el cultivo había alcanzado su completa maduración en cada tratamiento.

El intervalo de riego para cada uno de los tratamientos se muestra en el siguiente cuadro:

| TRATAMIENTO | Intervalo de riego en días | | |
|-------------|----------------------------|-------|------|
| | Marzo | Abril | Mayo |
| A | 6 | 4 | 5 |
| B | 13 | 7 | 9 |
| C | 20 | 10 | 13 |
| D | 26 | 14 | 17 |

La frecuencia de aplicación del riego varió en cada uno de los tratamientos, de acuerdo a la curva de desarrollo del cultivo de maíz (Gráfica No. 5), siendo en forma general menor el consumo de agua en la primera etapa de crecimiento del cultivo (primeros 30 días), por lo que requiere una menor frecuencia o sea un intervalo de riego mayor en la segunda etapa, cuando el crecimiento de la planta se intensifica y llega la floración, el consumo de agua es mayor, por lo que la frecuencia de riego se incrementó, reduciéndose el intervalo de riego; en la tercera etapa de crecimiento de la planta, cuando ésta llega a su máximo desarrollo, después de la floración, el consumo de agua disminuye así como la frecuencia de riego, por lo que se incrementó el intervalo de riego.

Láminas de Riego.

Las láminas de riego aplicadas fueron calculadas de acuerdo a las características de retención de humedad aprovechable expresada en lámina de agua, para cada tratamiento.

De ese modo se determinó la lámina de agua aprovechable en el suelo de la siguiente manera:

| o/o Humedad C.C. | o/o Humedad P.M.P. | Da. | Z | Lámina en C.C. (m.m.) | Lámina en P.M.P. (m.m.) | Lámina a- provecha- ble en m.m. |
|---------------------|-----------------------|--------|-----|-----------------------------|-------------------------------|---------------------------------------|
| 37.15 | 20.57 | 1.1065 | 12. | 49.3 | 27.3 | 22.0 |
| 45.52 | 30.43 | 1.0581 | 33. | 158.9 | 106.2 | 52.7 |
| 35.86 | 20.42 | 1.1471 | 10. | 41.1 | 23.4 | 17.7 |
| | | | | 249.3 | 156.9 | 92.4 |

La lámina aprovechable en el sitio experimental es de 92.4 milímetros tal como se observa en el cuadro anterior y los niveles mínimos de humedad en el suelo, expresados en láminas de agua, así como las láminas de riego a aplicar fueron las siguientes:

| Tratamiento | Nivel mínimo de humedad aprov. | Lámina de agua mínima en el suelo m.m. | Lámina de agua por aplicar m.m. | o/o de lámina a prov. |
|-------------|--------------------------------|--|---------------------------------|-----------------------|
| A | 80 | 230.8 | 18.5 | 20 |
| B | 60 | 212.5 | 36.8 | 40 |
| C | 40 | 194.1 | 55.2 | 60 |
| D | 20 | 175.7 | 73.6 | 80 |

Los resultados de las variaciones de la lámina de agua en el suelo durante el período de cultivo, para cada uno de los tratamientos se presentan en los cuadros Nos. 10, 11, 12, 13, en los cuales se reportan el número de riegos, la fecha de aplicación, el período del cultivo en días, en que fue aplicado, el riego, la lámina aplicada, lámina contenida en el suelo antes y después de cada riego, la lámina retenida y la consumida por el cultivo.

En las gráficas números 5, 8, 9, 10 y 11 se presentan variaciones de la lámina de agua en el suelo para cada uno de los tratamientos durante el período de cultivo comprendido del 1o. de marzo y últimos días del mes de mayo.

Tratamiento A:

En este tratamiento se consideró la aplicación del agua de riego cuando el suelo contubiera como mínimo el 80o/o de la humedad aprovechable; se aplicaron 16 riegos con una lámina por riego que oscila entre 18.5 y 22.6 milímetros, aplicando una lámina total de 312.6 milímetros; de acuerdo al registro de las variaciones de humedad el suelo retuvo una lámina por riego que varió de 15.5 a 20.9 milímetros haciendo un total de lámina retenida en 284.6 milímetros (Cuadro No. 10).

La eficiencia de retención en la aplicación del riego en este tratamiento fué de 91o/o.

En la gráfica No. 8 se presentaron las variaciones de lámina de agua, contenida en el suelo durante el período de cultivo.

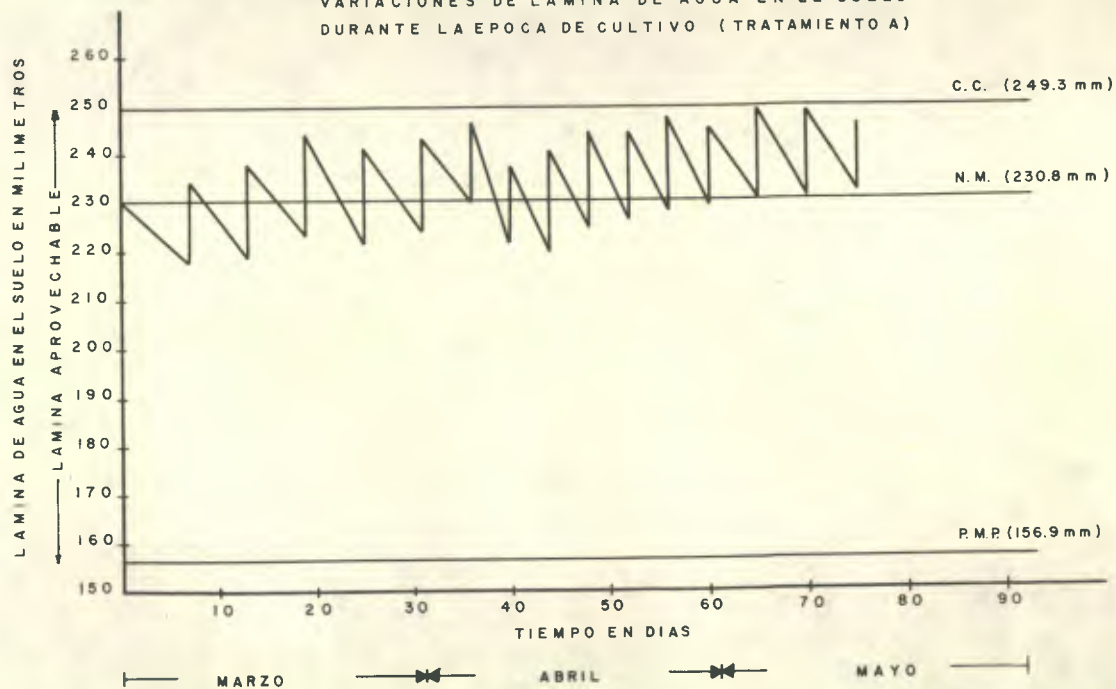
La lámina de agua contenida en el suelo, considerada como nivel mínimo de humedad fue de 230.8 milímetros; debido a que el suelo no se saturó completamente al inicio del experimento, en los primeros 3 riegos (15 días) el suelo se mantuvo la mayor parte del tiempo por debajo de este nivel mínimo, así mismo por variaciones en el consumo de agua por parte del cultivo a los cuarenta (40) días de la siembra también estuvo por debajo de este nivel, manteniéndose después dentro de los límites establecidos.

Tratamiento B:

En este tratamiento se consideró la aplicación del agua de riego cuando el suelo tubiera como mínimo el 60o/o de la humedad aprovechable y se aplicaron un total de 9 riegos con una lámina de 36.8 milímetros en cada uno, aplicando en total una lámina de 331.2 milímetros de la cual el suelo retuvo una lámina total de 254.1 milímetros.

La lámina retenida por riego oscila entre 20.3 y 35.9 milímetros y la eficiencia de retención en la aplicación del riego 76.7o/o (Cuadro No. 11). En la gráfica No. 9 se presentan las variaciones en la lámina contenida en el suelo durante el período del cultivo, la cual muestra que el nivel de humedad mínimo para este tratamiento fué de 212.5 milímetros de lámina de agua retenida en el suelo y que en forma general se mantuvo durante el período del crecimiento del cultivo, a excepción del período entre el 2o. y 3o. riego (14 a 27 días de la siembra) en que al nivel de humedad estuvo por debajo del mínimo en forma considerable, aunque esto no afectó al desarrollo del cultivo.

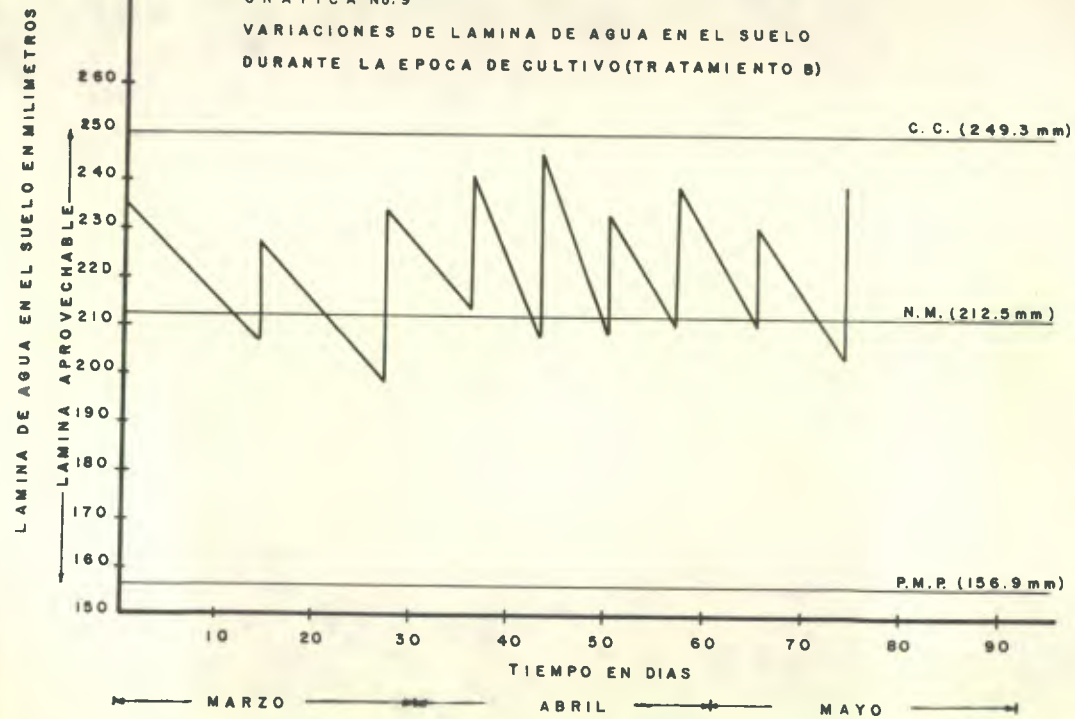
GRAFICA No.8
VARIACIONES DE LAMINA DE AGUA EN EL SUELO
DURANTE LA EPOCA DE CULTIVO (TRATAMIENTO A)



N.M.= Nivel Mínimo

GRAFICA No.9

VARIACIONES DE LAMINA DE AGUA EN EL SUELO
DURANTE LA EPOCA DE CULTIVO (TRATAMIENTO B)



Tratamiento C:

Este tratamiento estuvo sometido a un consumo de agua aprovechable de hasta el 60o/o, es decir, con un nivel mínimo de contenido de humedad del 40o/o de la lámina aprovechable. A este tratamiento se le aplicaron 6 riegos en total con una lámina de 55.2 milímetros por riego, haciendo una lámina total aplicada en 331.2 milímetros de los cuales se retubo en el suelo 196.8 milímetros. De acuerdo a lo anterior la eficiencia de aplicación fué de 59.0o/o, considerando que por la aplicación de láminas mayores de riego se provocó pérdidas por percolación (Cuadro No. 12)

En la gráfica número 10 se presentan las variaciones de la lámina de agua contenida en el suelo durante el desarrollo del cultivo, siendo la lámina mínima de 194.1 milímetros. En la época crítica de mayor crecimiento del nivel mínimo de humedad estuvo por debajo de lo establecido por periodos cortos (2 a 3 días).

Tratamiento D:

En este tratamiento se considero la aplicación de riego cuando el suelo tuviera como mínimo el 20o/o de humedad aprovechable, es decir que fué el tratamiento más seco, con intervalos de riego mayores. Se aplicaron 5 riegos en total con una lámina de 73.6 milímetros por riego aplicando 368.0 milímetros de lámina total; de los cuales el suelo retuvo 223.4 milímetros con una eficiencia en aplicación de 60.7o/o.

La lámina retenida varió en 26.1 a 67.2 milímetros, considerándose que hubo mayor pérdida de agua por percolación (Cuadro No. 13)

En la gráfica No 11 se muestran las variaciones de la lamina de agua en el suelo en la época del cultivo, la lámina mínima establecida para este tratamiento fue de 175.7 milímetros habiéndolo estado por debajo de este nivel la humedad del suelo, durante 4 días antes del tercer riego y 3 días antes del ultimo riego.

En forma general todos los tratamientos estuvieron dentro de los límites de niveles de humedad establecidos en el presente trabajo, sin embargo por falta de equipo para el control de las variaciones de humedad en el suelo hubieron oportunidades en que se mantuvieron por debajo de estos niveles mínimos por cortos períodos, lo cual se considera que no tubo mayor influencia en los resultados obtenidos.

La lámina aplicada total para el tratamiento de riego A fué de 312.6 milímetros, para los tratamientos B y C fué de 331.2 milímetros y para el tratamiento D, 368.0 milímetros. En el tratamiento A, aunque fué menor que los demás tratamientos, se aplicó en forma más fraccionada, pues se aplicó en 16 riegos, esto hizo que tubiera mayor eficiencia de retención (91o/o), en el tratamiento B, aunque la lámina fue un poco mayor que la anterior, el número de riegos fué menor (9 riegos), aplicándose aproximadamente el doble de la lámina que en el tratamiento A. Su eficiencia de retención fué de 76.7o/o habiendo más pérdida por percolación que en el tratamiento A.

En el tratamiento C la lámina total fué aplicada en 6 riegos y su eficiencia fué mucho menor (59o/o) ya que la lámina aplicada por riego fue triplicada en comparación con el tratamiento A, así mismo en el tratamiento D, donde la lámina de riego fué mayor que los demás tratamientos, pero aplicada en el menor número de riegos (5 riegos), láminas cuatro veces mayor que las del tratamiento A; siendo la eficiencia de retención de 60o/o. En estos dos últimos tratamientos el cultivo estuvo sujeto al menor régimen de humedad disponible en el suelo y la baja eficiencia de retención se debió a que se aplicaron láminas mayores de las que el suelo podía retener en el momento del riego, ocasionándose pérdidas fuertes por percolación profunda posiblemente.

CUADRO No. 12

VARIACIONES PROMEDIO DE LA LAMINA DE GUA EN EL SUELO EN MILIMETROS

Tratamiento C.

| RIEGO No | FECHA | PERIODO DE CULTIVO EN DIAS | LAMINA APLICADA | LAMINA ANTES DEL RIEGO | LAMINA DESPUES DEL RIEGO | LAMINA RETENIDA | LAMINA CONSUMIDA POR RIEGO ACUMULA DA | |
|-------------|---------|----------------------------------|--------------------|------------------------------|--------------------------------|--------------------|---|-------|
| 1 | 13 75 | 1 | 55.2 | 213.1 | 233.8 | 20.7 | | |
| 2 | 21 3 75 | 21 | 55.2 | 206.6 | 235.9 | 29.3 | 27.2 | 21.2 |
| 3 | 5 4 75 | 36 | 55.2 | 181.7 | 214.3 | 32.6 | 54.2 | 81.4 |
| 4 | 15 4 75 | 46 | 55.2 | 183.5 | 223.9 | 40.4 | 30.8 | 112.2 |
| 5 | 25 4 75 | 56 | 55.2 | 186.6 | 225.9 | 39.3 | 37.3 | 149.5 |
| 6 | 6 5 75 | 67 | 55.2 | 191.4 | 225.9 | 34.5 | 34.5 | 184.0 |
| TOTAL | | | 331.2 | | | 196.8 | 184.0 | |

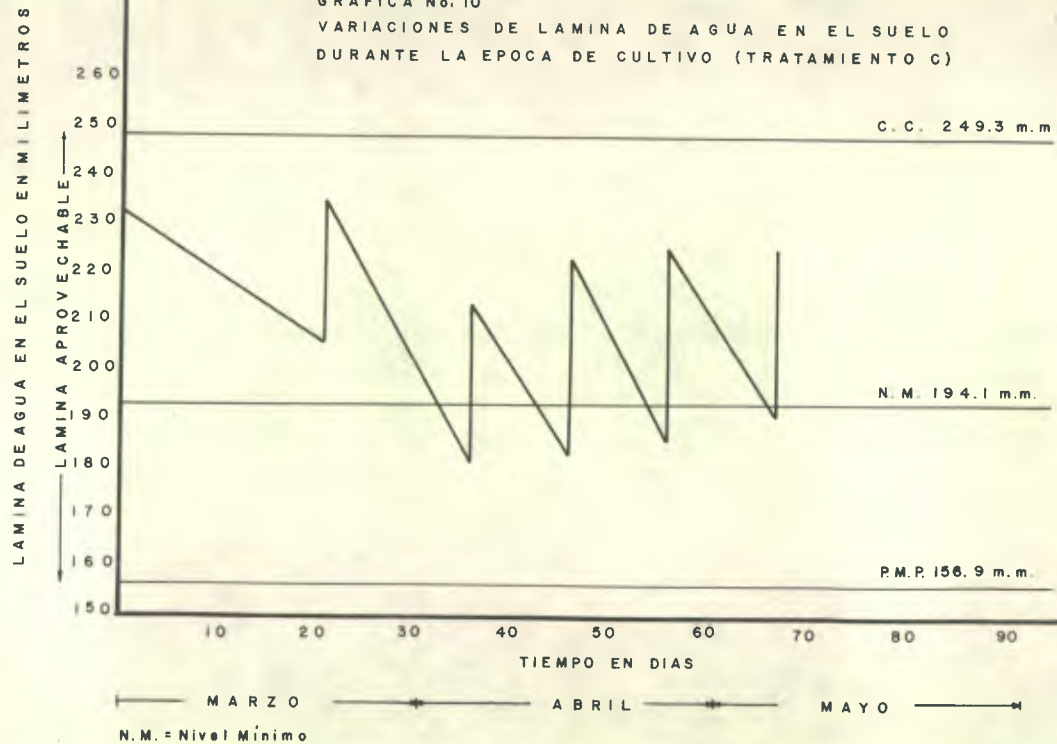
CUADRO No. 13

VARIACIONES PROMEDIO DE LA LAMINA DE AGUA EN EL SUELO EN MILIMETROS

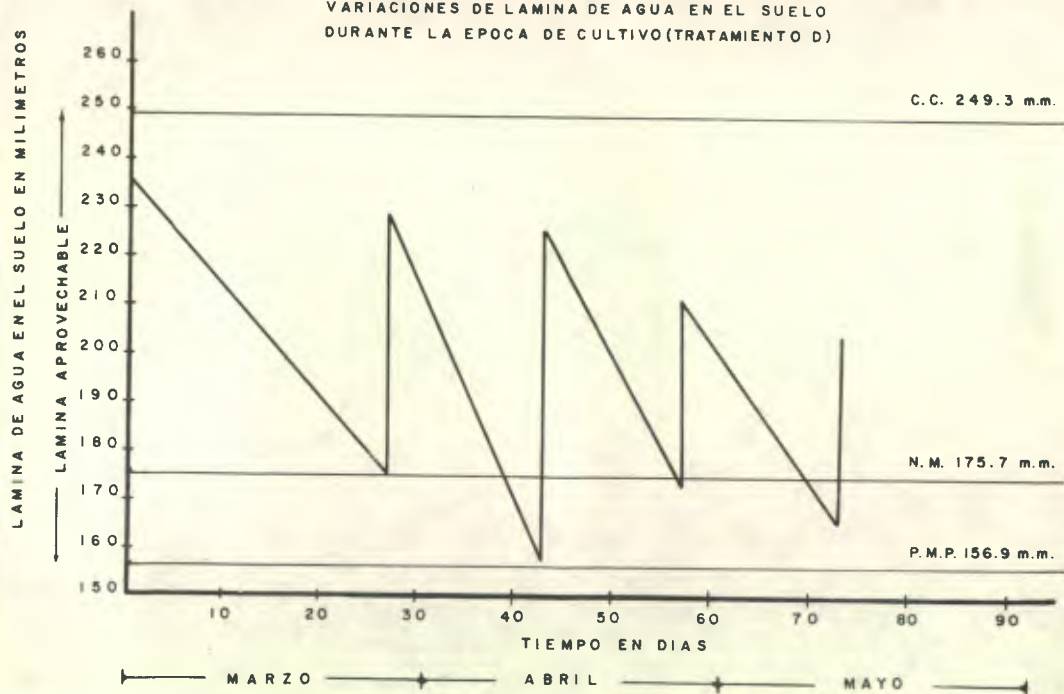
Tratamiento D.

| RIEGO No. | FECHA | PERIODO DE CULTIVOS EN DIAS | LAMINA APLICADA | LAMINA ANTES DEL RIEGO | LAMINA DESPUES DE RIEGO | LAMINA RETENIDA | LAMINA ACUMULADA POR RIEGO | ACUMULADA |
|-----------|---------|-----------------------------|-----------------|------------------------|-------------------------|-----------------|----------------------------|-----------|
| 1 | 1.3.75 | 1 | 73.6 | 210.7 | 236.8 | 26.1 | | |
| 2 | 27.3.75 | 27 | 73.6 | 175.4 | 228.6 | 53.2 | 61.4 | 61.4 |
| 3 | 12.4.75 | 43 | 73.6 | 158.4 | 226.6 | 67.2 | 70.2 | 131.6 |
| 4 | 26.4.75 | 57 | 73.6 | 172.8 | 211.3 | 38.5 | 52.8 | 184.4 |
| 5 | 12.5.75 | 73 | 73.6 | 166.1 | 204.5 | 38.4 | 45.2 | 229.6 |
| TOTAL | | | 368.0 | | | 223.4 | 229.6 | |

GRAFICA No. 10
VARIACIONES DE LAMINA DE AGUA EN EL SUELO
DURANTE LA EPOCA DE CULTIVO (TRATAMIENTO C)



GRAFICA No. II
VARIACIONES DE LAMINA DE AGUA EN EL SUELO
DURANTE LA EPOCA DE CULTIVO (TRATAMIENTO D)



5.3 Consumo de Agua

El consumo de agua fue registrado y calculado de acuerdo a las variaciones de la lámina de agua contenida en el suelo, determinando el contenido de humedad del suelo después y antes de cada riego. Los resultados para cada uno de los tratamientos se presentan en los cuadros Nos. 10, 11, 12 y 13 donde se reportan la lámina de agua consumida por riego y acumulada.

De acuerdo a lo reportado en los cuadros antes indicados se calculó el consumo promedio diario por tratamiento.

| Tratamiento | Consumo promedio diario (m m) | | |
|-------------|-------------------------------|--------------|--------------------|
| | a 30 días | 30 - 60 días | después de 60 días |
| A | 2.6 | 4.2 | 3.1 |
| B | 2.1 | 3.8 | 3.2 |
| C | 2.2 | 3.4 | 3.1 |
| D | 2.3 | 4.1 | 2.8 |

La lámina total de agua consumida por el tratamiento A fue de 251.4 milímetros, siendo el consumo promedio diario en sus primeros 30 días de 2.6 milímetros, en el siguiente período el consumo se incrementó a 4.2 milímetros debido al desarrollo del cultivo, disminuyendo posteriormente a 3.1 milímetros como promedio diarios, debido a que después de los 60 días ya se había completado el período de floración (período crítico en cuanto a consumo de agua). Esta misma tendencia se observa en los otros tratamientos aunque con valores un poco menores en relación al consumo promedio diario observado en el tratamiento A.

Para comparar la lámina total consumida por tratamiento se estimaron los consumos de agua para todos los tratamientos para un período uniforme de 75 días de período vegetativo; estos resultados se muestran en la gráfica No. 12 donde se observa que

el tratamiento A consumió la mayor lámina de agua (251.4 mm.), seguido del tratamiento D (235.0 mm), por el tratamiento B (225.2 mm) y por último por el tratamiento C que consumió menor lámina de agua (208.0 mm).

El consumo de agua está relacionado directamente con el nivel mínimo de humedad contenida en el suelo, entre mayor es este nivel mayor fue el consumo de agua. Los tratamientos se comportaron bajo esta tendencia a excepción del tratamiento D, lo cual es explicable ya que fué el que mayor lámina se aplicó, aunque en menos riegos.

5.4 Crecimiento de las Plantass.

En el período de desarrollo del cultivo se estableció un registro del crecimiento de las plantas, para tener un parámetro de comparación cuantitativo de los efectos de los tratamientos a través del ciclo vegetativo del cultivo. Se tomaron medidas de altura de 10 plantas por cada repetición, seleccionadas al azar. Esta medida se efectuó antes de aplicar el riego y los resultados promedio por tratamiento se presentan en el Cuadro Número 14 y en la gráfica número 13.

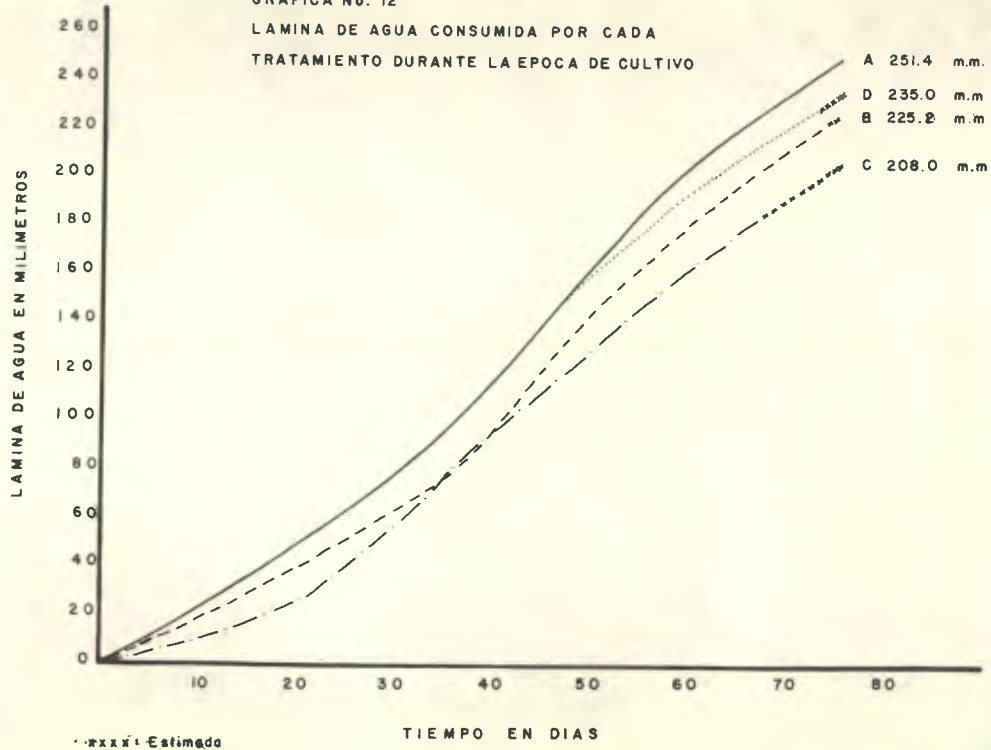
En el tratamiento A las plantas alcanzaron los promedios de 219 centímetros de altura, medida desde el cuello del tallo a raz del suelo hasta la base de la inflorescencia, el desarrollo de las plantas en forma general fue lozano, presentando una buena coloración y buen desarrollo foliar.

En el tratamiento B las plantas alcanzaron una altura promedio de 205 centímetros y presentaron también un buen desarrollo foliar.

De acuerdo a estos resultados y comparándolos con las características del crecimiento reportadas para el maíz híbrido, se deduce que el nivel óptimo de humedad en el suelo para alcanzar un buen desarrollo del cultivo, deberá mantenerse dentro de los niveles en humedad a que fueron sometidos, los tratamientos A y B, es decir con niveles mínimos de humedad no menores del 60o/o de la humedad aprovechable del suelo.

GRAFICA No. 12

LAMINA DE AGUA CONSUMIDA POR CADA
TRATAMIENTO DURANTE LA EPOCA DE CULTIVO



CUADRO No. 14

ALTURA DE PLANTAS PROMEDIO POR TRATAMIENTO EN CENTIMETROS, DURANTE EL PROMEDIO DE DESARROLLO DEL CULTIVO

| Riego | TRATAMIENTO | | | | | | | |
|-------|---------------------------|-------------------------------|------------------------------|-------------------------------|---------------------------|-------------------------------|----------------------------|------------------------------|
| | A | | B | | C | | D | |
| No | Período cul- tivo días | Altura de plantas prom. | Periodo cul- tivo en días | Altura de plantas prom. | Periodo cul- tivo días | Altura de plantas prom. | Período cultivo días | Altura Plan- tas Prom. |
| 1 | 1 | | 1 | | 1 | | 1 | |
| 2 | 7 | 9 | 14 | 10.7 | 21 | 13.7 | 27 | 12.4 |
| 3 | 13 | 11.7 | 27 | 20.6 | 36 | 33.5 | 43 | 50.8 |
| 4 | 19 | 17.8 | 36 | 46.7 | 46 | 72.6 | 57 | 77.4 |
| 5 | 25 | 28.8 | 43 | 62.7 | 56 | 82.0 | 73 | 152.0 |
| 6 | 31 | 38.3 | 50 | 105.3 | 67 | 65.0 | | |
| 7 | 36 | 57.6 | 57 | 135.7 | | | | |
| 8 | 40 | 71.8 | 65 | 187.7 | | | | |
| 9 | 44 | 93.8 | 74 | 205.0 | | | | |
| 10 | 48 | 101.4 | | | | | | |
| 11 | 52 | 120.0 | | | | | | |
| 12 | 56 | 151.3 | | | | | | |
| 13 | 60 | 173.2 | | | | | | |
| 14 | 65 | 195.7 | | | | | | |
| 15 | 70 | 202.7 | | | | | | |
| 16 | 75 | 219.0 | | | | | | |

En el tratamiento C donde el nivel mínimo de contenido de humedad aprovechable en el suelo fué en 40o/o, el crecimiento disminuyó sensiblemente alcanzando una altura promedio de 165 centímetros, observándose también un lento desarrollo reflejado en el aspecto de las plantas tanto en las alturas como en su sistema foliar, en donde la coloración presentaba signos de clorosis.

En el tratamiento D el cual fue el que estuvo sometido a un regimen de humedad más bajo que los anteriores, con un nivel mínimo de humedad aprovechable en el suelo del 20o/o, las plantas alcanzaron una altura promedio de 152 centímetros, reflejándose en su crecimiento un desarrollo lento y pérdida de turgidez en su sistema foliar, tallos delgados y presencia de clorosis marcada.

De acuerdo al crecimiento de las plantas en cada uno de los tratamientos se observó que la disminución del nivel mínimo de humedad aprovechable contenida en el suelo en sí dió en forma directa, es decir que a medida que las plantas fueron sometidas a un nivel menor, menor fue su desarrollo, aunque estas fueron tratadas con las mismas prácticas de manejo (cultivo, fertilización y control de plagas).

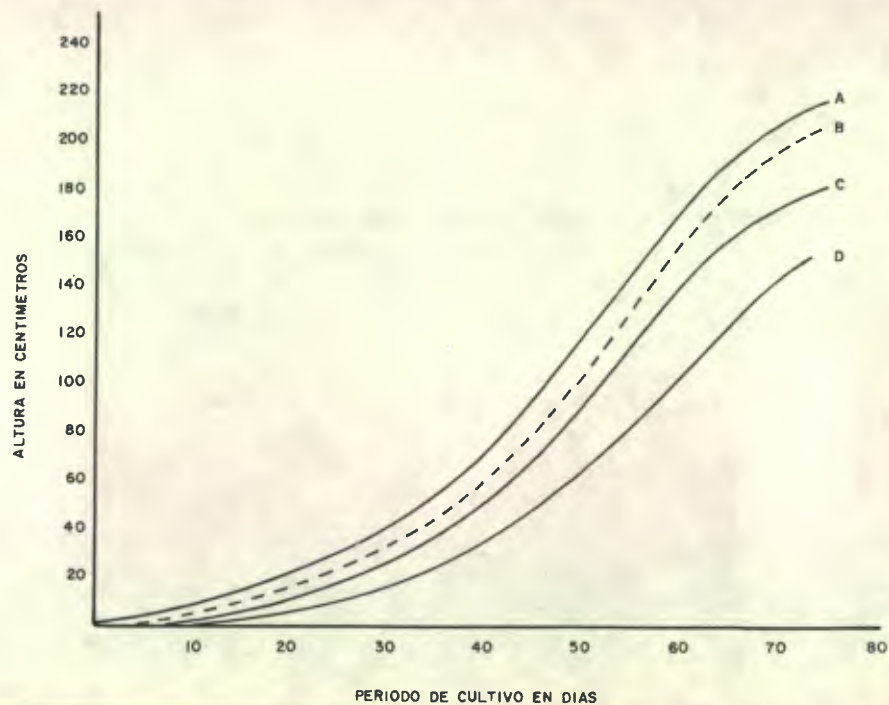
5.5 Producción Obtenida

A los 90 días después de la siembra o sea 15 días de haberse suspendido los riegos, se efectuó la dobla para lograr parte del secamiento durante 15 días, siguiendo las prácticas tradicionales de la región.

La cosecha se realizó en los 25 metros cuadrados de la parcela util en cada tratamiento y los resultados se muestran en el Cuadro No. 15, donde se reporta el peso de grano por parcela con el 13o/o de humedad, y la estimación de rendimiento en toneladas métricas por hectarea

GRAFICA N° 13

ALTURA DE PLANTAS PROMEDIO POR TRATAMIENTO
EN CENTIMETROS DURANTE EL PERIODO DE
DESARROLLO DEL CULTIVO



CUADRO No. 15

RENDIMIENTO OBTENIDO EN Kg. POR PARCELA
EXPERIMENTAL Y TONELADAS METRICAS POR
HECTAREAS

| Parcela | Peso de Grano Kg. | Peso de grano TM/Ha. |
|---------|----------------------|-------------------------|
| AI | 13.64 | 5.456 |
| AII | 12.86 | 5.144 |
| AIII | 14.55 | 5.820 |
| BI | 11.73 | 4.692 |
| BII | 14.41 | 5.764 |
| BIII | 11.0 | 4.400 |
| CI | 9.86 | 3.944 |
| CII | 10.59 | 4.236 |
| CIII | 10.05 | 4.020 |
| DI | 7.36 | 2.944 |
| DII | 3.32 | 3.328 |
| DIII | 4.55 | 1.820 |

De los rendimientos obtenidos se hizo un análisis estadístico que incluye variancia y prueba de amplitudes múltiples de Duncan.

5.5.1 Resultados estadísticos.

El análisis estadísticos se efectuó a través del modelo establecido en el inciso 4.4, para el diseño experimental en bloques al azar

Los resultados obtenidos fueron transformados a rendimiento en toneladas métricas de maíz en grano con 130/o de humedad por hectárea y ordenados en la forma como la muestra en el cuadro número 16

CUADRO No. 16

RENDIMIENTO DE MAIZ EN GRANO AL 13o/o DE
HUMEDAD (TM/Ha)

| Tratamiento | A | B | C | D | Total |
|-------------|--------|--------|--------|-------|--------|
| I | 5.456 | 4.696 | 3.944 | 2.944 | 17.040 |
| II | 5.144 | 5.764 | 4.236 | 3.328 | 18.472 |
| III | 5.820 | 4.400 | 4.020 | 1.820 | 16.060 |
| Total | 16.424 | 14.856 | 12.200 | 8.092 | 51.572 |
| \bar{X} | 5.464 | 4.952 | 4.066 | 2.697 | ----- |

Como se puede observar el mayor rendimiento medio obtenido fue en el tratamiento A (5.464 TM/Ha) donde se aplicó mayor cantidad de riegos por ser el tratamiento más húmedo. En el tratamiento D, el cual fue sometido a régimen de humedad más seco, el rendimiento decreció notablemente (2.697 TM/Ha. en promedio).

Los resultados del análisis de variación se presentan en el Cuadro No. 17, y de acuerdo a este se infiere que hubo diferencia altamente significativa entre tratamientos.

CUADRO No. 17

ANALISIS DE VARIACION DEL RENDIMIENTO
DE MAIZ EN TM/Ha

| F.V. | G.L. | S.C. | C.M. | F.c. | $F_{0.05}$ | $F_{0.01}$ | |
|--------------|------|--------|-------|--------|------------|------------|----|
| Bloques | 2 | 0.735 | 0.367 | 1.227 | 5.14 | 10.92 | NS |
| Tratamientos | 3 | 13.283 | 4.427 | 14.806 | 4.76 | 0.78 | ** |
| Error | 6 | 1.795 | 0.299 | | | | |
| Total | 11 | 15.813 | | | | | |

NS: Diferencia no Significativa
** : Diferencia altamente Significativa

Para evaluar esta diferencia entre los tratamientos se efectuó la prueba entre medias de DUNCAN para los rendimientos medios obtenidos por tratamiento con los resultados siguientes:

| Tratamientos comparados | Diferencia de medias | Valores de Duncan | | Significancia |
|-------------------------|----------------------|-------------------|-------|---------------|
| | | SSR | 1 SR | |
| A y B | 0.512 | 1.092 | 1.653 | NS |
| A y C | 1.398 | 1.130 | 1.739 | * |
| A y D | 2.767 | 1.149 | 1.783 | ** |
| B y C | 0.886 | 1.092 | 1.653 | NS |
| B y D | 2.255 | 1.130 | 1.739 | ** |
| C y D | 1.369 | 1.092 | 1.653 | * |

La prueba anterior demuestra que los rendimientos obtenidos en los tratamientos que estuvieron sujetos al mayor régimen de humedad contenida en el suelo (A y B) tuvieron diferencias altamente significativas, con respecto al rendimiento obtenido en el tratamiento D que fue el menos humedo.

En la comparación de los rendimientos obtenidos en los tratamientos A y C se encuentra únicamente diferencia significativa al igual que entre los tratamientos C y D

Al comparar las medias de rendimiento obtenida entre los tratamientos A — B y B — C no se encontro ninguna diferencia significativa estadísticamente.

Sin embargo al considerar dentro del analisis de los resultados obtenidos la aplicación al riego a cada uno de los tratamientos la significancia estadística lograda por el tratamiento A pierde valor debido a que los rendimientos obtenidos fue el resultado de la aplicación de 16 riegos en comparación con 9 y 6 aplicados a los tratamientos B y C respectivamente.

5.5.2 Producción vs. relaciones Agua-Suelo.

La variación de rendimiento estuvo directamente influenciada por el contenido de humedad aprovechable en el suelo.

Los tratamientos que fueron sometidos a niveles mínimos de humedad mayores (A y B), obtuvieron mayores rendimientos y el caso contrario se presentó en los tratamientos sujetos a menores niveles de humedad.

De acuerdo a la lámina de agua consumida y a los rendimientos obtenidos de cada uno de los tratamientos se calculó la producción de grano en Kg. por cada milímetro de agua consumida (equivalente a 10 metros cúbicos de agua); ha los resultados se muestran en el siguiente Cuadro.

| Tratamiento | Lámina consumida m.m. | Rendimiento Kg/Ha | Kg/mm ó 10 m ³ de agua / Ha |
|-------------|-----------------------|-------------------|--|
| A | 251.4 | 5464 | 21.73 |
| B | 225.6 | 4952 | 21.98 |
| C | 208.0 | 4066 | 19.54 |
| D | 235.0 | 2697 | 11.47 |

Al analizar la producción obtenida de grano en kilogramos por cada unidad de agua consumida (10 metros cúbicos o bien 1 milímetro de lámina de agua) se observa que en el tratamiento B se obtiene la mayor producción por unidad de agua consumida; aunque no necesariamente la mayor producción obtenida.

6. CONCLUSIONES

1. El número de riegos aplicados varió de 16, para el tratamiento más húmedo hasta 5 riegos para el tratamiento más seco, (80o/o y 20o/o de nivel mínimo de humedad aprovechable en el suelo respectivamente).
2. La eficiencia de retención de humedad por el suelo fué más alta, cuando mayor fué el número de riegos y menor la lámina aplicada en cada riego.
3. En forma general entre más alto se mantuvo el nivel mínimo de humedad en el suelo, mayor fué el consumo de agua.
4. La disminución del nivel mínimo contenido en el suelo incidió en forma directa en el crecimiento de las plantas, es decir a menor régimen de humedad menor crecimiento.
5. El rendimiento promedio de maíz en grano al 13o/o de humedad, varió de 5.464 a 2.696 toneladas métricas por hectarea, correspondiendo al mayor rendimiento al tratamiento con mayor regimen de humedad.
6. El análisis estadístico de variancia demostró que hay diferencia altamente significativa entre los rendimientos obtenidos para los diferentes regímenes de humedad a que fué sometido el cultivo.
7. La comparación entre rendimientos promedios mostro que los obtenidos en los tratamientos sujetos a mayor régimen de humedad contenida en el suelo (A y B) tuvieron diferencias altamente significativos, con respecto al rendimiento obtenido en el tratamiento D, que fué el menos húmedo.
8. La producción obtenida de grano de maíz por cada unidad de agua consumida (10 metros cubicos de agua),

fué mayor cuando el nivel mínimo de humedad contenida en el suelo varió hasta un 60o/o.

9. En los tratamientos cuyos niveles mínimos se mantuvieron en 80 y 60o/o de la humedad aprovechable en el suelo no se encontró ~~diferencia significativa~~ entre rendimientos obtenidos, desarrollo de las plantas y consumo de agua total, pero sí hay diferencia entre el número de riegos aplicados que incide directamente en costos de producción.
10. De acuerdo a los resultados obtenidos el nivel mínimo de humedad aprovechable en el suelo ótimo para el desarrollo del cultivo de maíz bajo riego se encuentra entre el 40 y 60o/o.

7. RECOMENDACIONES

Para el cultivo de maíz bajo riego, en la unidad de riego de El Tempisque, Jalpatagua, Jutiapa, se puede tomar como guía preliminar las siguientes recomendaciones:

1. Mantener el nivel mínimo de humedad aprovechable en el suelo entre 40 y 60o/o.
2. El número de riegos a aplicar puede variar entre 6 y 9, durante el período de cultivo.
3. El intervalo de riego adecuado puede oscilar entre 13 y 20 días, en el primer mes de desarrollo del cultivo; entre 7 y 10 días durante el período de mayor desarrollo (segundo mes) y entre 9 y 13 días para la etapa final del cultivo.
4. La lámina neta de consumo de agua en el cultivo de maíz para ésta región, puede considerarse preliminarmente como de 225.2 milímetros, para fines de programación en los planes de riego.
5. Para mejorar los resultados obtenidos en el presente trabajo se recomienda lo siguiente:
 - a) Evaluar los costos de aplicación del riego, así como introducir la variable correspondiente al costo del agua, para determinar el nivel óptimo económico de producción.
 - b) Implementar las unidades de riego del equipo mínimo para este tipo de investigaciones (horno, balanza, y muestradores) y así disminuir el esfuerzo de trabajo a realizar.
 - c) Correlacionar los resultados obtenidos en este tipo de investigación con registros de evaporación

en tanque tipo A, temperatura y humedad relativa para obtener coeficientes locales y poder hacer estimaciones de consumo de agua.

8. BIBLIOGRAFIA

1. CIIANG M, L. Riego de parcelas experimentales con tubo flexible de polietileno. Lima Perú, Estación Agrícola "La Molina" 's.f.' 12 p.
2. ESTADOS UNIDOS DE AMERICA. Servicio de Conservación de Suelos. Relaciones entre Suelo - planta agua. Colección de Ingeniería de Suelos, Sección 15o. Riego, Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de América. México, Ed. Diana, 1973.
3. FLANNERY R., Y GUNDERSEN W. Los Recursos Suelo y Agua en las Areas irrigadas de Guatemala. Curso sobre manejo y Consevación de Suelos. Guatemala, Centro de Evaluación Forestal, 1974. Copias memeografiadas).
4. FRANCIS, C. S. Y TUELLE, J W. Riego del Maíz. México. Centro Regional de Ayuda Técnica y Agencia para el Desarrollo Internacional AID, 1968.
5. GONZALEZ, H.A. Estimación de requerimientos de riego en Guatemala, Chapingo, México, Colegio de Post-graduados de la ENA, 1974 (Tesis M.C.).
6. GUATEMALA, MINISTERIO DE AGRICULTURA, Proyecto de Riego "El Tempisque"., Guatemala. Dirección de Recursos Naturales Renovables, División de Recursos Hidráulicos, 1967. 60 p.
7. ISRAELSEN, O. W. y HANSEN, V. E. Principio y aplicaciones del Riego. 2a. Edición. México Ed. Reverté, 1965. 344 p.
8. JENSEN, M. E. y KUSIRK, S. T. Irrigación de los sorgos para prano, México, Centro Regional de Ayuda Técnica, y Agencia para el Desarrollo Internacional AID, 1972.

9. MERIDA VENEZUELA, CIDIAT. Investigaciones sobre niveles de humedad y régimen de riego; Metodología Experimental. Mérida Venezuela, VI Seminario Latinoamericano de Irrigación y Drenaje 1971.
10. MEXICO, CIMMYT Informe anual 1966-67. 103 p.
11. MEXICO, SECRETARIA DE RECURSOS HIDRAULICOS. Resultado de diez experimentos realizados en los Distritos de Riego durante el sub-ciclo de invierno de 1973 - 74 (Relaciones - agua - suelo - planta - clima), Memorándum Técnico No. 335, 1974.
12. RAMIREZ DE LOS SANTOS, B. Influencia del intervalo de riego y la cantidad de agua aplicada sobre el rendimiento del panamito mejorado. Lima. Perú, Universidad Agraria "La Molina", 1972. (Tesis Ing. Agr.).
13. ROSALES J. El riego por goteo en maíz en el Delta del Río Yaqui Sonora. México, Secretaría de Recursos Hidráulicos, 1961. Memorándum Técnico, No. 308.
14. STEEL, R. G. and TORRIE, J. H. Principles and procedures of Statistics. New York, Ed. Mc Graw - Hill Book Company, 1,960. 545 p.
15. STEQMAN, E. C. y NELSON, D. C. Respuesta de la papa a diferentes regímenes de humedad. Trad. por: José Luis de la Loma. México, Secretaría de Recursos Hidráulicos. Memorándum Técnico No. 332 1974.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE AGRONOMIA

Ciudad Universitaria, Zona 12

Apartado Postal No. 1545

GUATEMALA, CENTRO AMERICA

| |
|------------------|
| Referencia _____ |
| Asunto _____ |

IMPRIMASE:

Mario Molina Lladen

ING. MARIO MOLINA LLARDEN
DECANO a. i.



RECORRIDO EL DEPOSITO LEGAL
DEPARTAMENTO DE AGRICULTURA Y GANADERIA