

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE AGRONOMIA



GUATEMALA, MARZO DE 1979.

R
01
T(399)

JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE AGRONOMIA DE LA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

DECANO EN FUNCIONES
VOCAL 2o.
VOCAL 3o.
VOCAL 4o.
VOCAL 5o.
SECRETARIO

Ing. Agr. Rodolfo Estrada G.
Dr. Antonio Sandoval S.
Ing. Agr. Sergio Mollinedo
Br. José Miguel Iriñas
P. A. Giovany Reyes
Ing. Agr. Leonel Coronado C.

TRIBUNAL QUE EFECTUO EL EXAMEN
GENERAL PRIVADO

DECANO
EXAMINADOR
EXAMINADOR
EXAMINADOR
SECRETARIO

Ing. Agr. Rodolfo Estrada G.
Ing. Agr. Edgar Ibarra
Ing. Agr. Salvador Castillo
Dr. Antonio Sandoval
Ing. Agr. Leonel Coronado

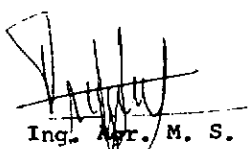
Guatemala, 14 de febrero de 1979

Ing. Agr. Rodolfo Estrada G.
Decano en funciones de la
Facultad de Agronomía
Presente.

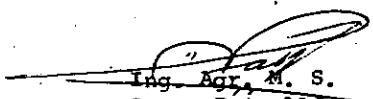
Por este medio tenemos el honor de dirigirnos a usted - para manifestarle que de acuerdo con el nombramiento recibido para asesorar el trabajo de tesis titulado FRECUENCIA DE RIEGO EN EL CULTIVO DE MAIZ (Zea mais, híbrido ICTA T 101) CON CUATRO DIFERENTES LAMINAS DE AGUA, LONGITUDES DE SURCO Y NIVELES DE ABONAMIENTO QUIMICO EN EL AREA DE LA FRAGUA, ZACA PA el cuál fue realizado por el estudiante LORENZO I. REYES RODRIGUEZ y que después de haberse concluido y analizado, - se ha encontrado satisfactorio para llenar los requisitos - exigidos por la Universidad de San Carlos, para optar al -- título de Ingeniero Agrónomo.

Al mismo tiempo se considera que constituye una contribución hacia el desarrollo de la agricultura bajo riego en el país.

Atentamente,



Ing. Agr. M. S.
Teodoro Engelhardt G.



Ing. Agr. M. S.
Oscar Paiz Alfaro

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

Guatemala, 14 de febrero de 1979

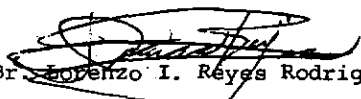
Honorable Junta Directiva
Honorable Tribunal Examinador

De conformidad con lo establecido en la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de presentar a vuestra consideración el trabajo de Tesis titulado:

FRECUENCIA DE RIEGO EN EL CULTIVO DE MAIZ (Zea mais, híbrido ICTA T 101) CON CUATRO DIFERENTES LAMINAS DE AGUA, LONGITUDES DE SURCO Y NIVELES DE ABONAMIENTO QUIMICO EN EL AREA DE LA -- FRAGUA, ZACAPA.

Como requisito para optar el titulo de Ingeniero -- Agrónomo en el Grado Académico de Licenciado en Ciencias Agrícolas.

Atentamente,


Br. Lorenzo I. Reyes Rodriguez

ACTO QUE DEDICO

A DIOS TODO PODEROSO

A MIS PADRES

Jorge Isaac Reyes G.
Aurelia R. de Reyes

A MI ABUELA

Que en paz descanse
Rosario Vda. de López

A MI NOVIA

LUZ MARINA TELLO M.

A MIS HERMANOS

Yolanda Reyes de Pérez
Carolina Reyes
Moisés Reyes M.
Marcos Reyes C.

A MIS FAMILIARES EN GENERAL

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

A LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

A LA FACULTAD DE AGRONOMIA

AL CENTRO EXPERIMENTAL EL OASIS, LA FRAGUA ZACAPA

AL PROYECTO INTEGRAL (Investigación en granos básicos,
Hortalizas y Frutas)

A LOS TRABAJADORES DEL CENTRO EXPERIMENTAL Y DE
PRODUCCION EL OASIS

A MISION AGRICOLA DE ISRAEL

AGRADECIMIENTO

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

AL INSTITUTO DE CIENCIA Y TECNOLOGIA AGRICOLAS
DEL MINISTERIO DE AGRICULTURA (ICTA).

AL CENTRO EXPERIMENTAL EL OASIS, LA FRAGUA ZACAPA

A LOS TRABAJADORES DEL CENTRO EXPERIMENTAL EL
OASIS

A EMPRESA AGRICOLA "EL PACAYAL" DE AGRONOMI-
CAS DE GUATEMALA.

A MIS ASESORES:

Ing. Agr. M. S. Oscar Paiz Alfaro
Ing. Agr. M. S. Teodoro Engelhardt

A LAS PERSONAS:

Bertis L. Embry
Leda de López
Arturo Aguirre Solís
Helda Nora Tello M.
Sonia Lidia Yac G.

CONTENIDO

	Página
INTRODUCCION	1
OBJETIVOS	3
REVISION DE BIBLIOGRAFIA	5
Importancia del Cultivo de Maíz	5
Riego en el Cultivo de Maíz	5
Láminas de Agua de Riego	6
Longitud de Surco	7
Abonamiento Químico Inorgánico	7
MATERIALES Y METODOS	11
Láminas de Agua de Riego	11
Longitud de Surco	14
Niveles de Abonamiento Químico Inorgánico	15
RESULTADOS	17
DISCUSION	33
CONCLUSIONES	37
RECOMENDACIONES	39
BIBLIOGRAFIA	41
APENDICES	
1 Condiciones ecológicas predominantes en El Valle de La Fragua. Durante los meses de Oct. Nov. Dic. 1975 y Enero 1976.	47

2	1. Suelos	
	1.1 Análisis Físico de Tres Tipos de Suelo en los que se desarrolló la fase de campo de este trabajo.	48
	1.1.1 Textura	
	1.1.2 Curvas de infiltración	49
	1.1.3 Curvas de retención de <u>h</u> medad	50
	1.2 Análisis Químico de los Tres Tipos de Suelo en los que se desarrolló la fase de campo de este trabajo.	53
	2. Agua de Riego	54
	2.1 Análisis Físico	54
	2.2 Análisis Químico	54
3	Tabla de calibración de medidores Parshalls de plástico y aforadores trapezoidales de fibra de vidrio y ángulo de 60° en el fondo.	55
4	Gráfica del movimiento de los gradientes <u>pro</u> medio de humedad en los suelos rojo y negro de acuerdo a los intervalos de riego y <u>requ</u> erimientos del cultivo.	56

LISTA DE GRAFICAS

No.		Página
1.	Producción de Maíz en kgs./Ha., en cuatro diferentes láminas de agua de riego.	23
2.	Producción de Maíz en kgs./Ha., en cuatro diferentes longitudes de surco.	24
3.	Producción de Maíz en kgs./Ha., en cuatro diferentes niveles de abono químico.	25
4.	Rendimientos promedios de Maíz en kgs./Ha., obtenidos en las distintas láminas de agua interaccionadas por las distintas longitudes de surco.	26
5.	Rendimientos promedio de Maíz en kgs./Ha., obtenidos en las distintas longitudes de surco interaccionadas por distintas láminas de agua.	27
6.	Rendimientos promedio de Maíz en kgs./Ha., obtenidos en las distintas láminas de agua interaccionadas por los distintos niveles de abonamiento químico.	28
7.	Rendimientos promedios de Maíz en kgs./Ha., obtenidos en los distintos niveles de abonamiento interaccionados por distintas láminas de agua.	29
8.	Rendimientos promedios de Maíz en kgs./Ha., obtenidos en las distintas longitudes de surco interaccionadas por distintos niveles de abonamiento químico.	30

9. Rendimientos promedios de Maíz en kgs./Ha.,
obtenidos en los distintos niveles de abonamiento
interaccionados por distintas longitudes de surco. 31

INTRODUCCION

La región de la Fragua se caracteriza por su clima cálido seco en donde predominan las altas temperaturas, lo que inside en la fuerte evapotranspiración que experimentan los cultivos de esta región, haciéndose más notoria esta situación, en los meses sin lluvia, que por lo general son la mayoría del año (12). Sus suelos están comprendidos entre los tipos: Arcilla, Franco arcilloso, Franco arcillo arenoso y Franco arenoso (15). Sus aguas superficiales son adecuadas para riego (2), por lo que en la actualidad cuenta con el sistema de riego por gravedad más grande de Guatemala, el cual fue establecido por el Estado para hacer agrícolamente más productora esta región, y lograr con esto elevar el nivel de vida de los agricultores (10).

Dentro de los cultivos que predominan en la región se encuentra el maíz (*Zea mais*), que es utilizado por el agricultor principalmente como alimento, tanto para él como para sus animales de crianza, dejando en segundo plano su comercialización debido a los bajos rendimientos que se obtienen al cultivarlo; 675 kg./Ha. (15 qq./Mz.) por carecer de técnicas adecuadas, especialmente en lo que respecta a riego y abonamiento químico (16).

El maíz emplea abundante agua para su desarrollo, en especial los híbridos. Las necesidades de agua se acentúan más en el cultivo en las etapas de floración y jilote, en donde el correcto nivel de humedad del suelo proporciona buenos rendimientos. En regiones como la Fragua en donde la precipitación pluvial oscila en un promedio de 720 mm. anuales, el agua le es suministrada al maíz por medio de riegos, en los cuales la cantidad de agua que es proporcionada al cultivo debe de considerar los siguientes factores: evapotranspiración, duración de la temporada

de crecimiento, lluvias, suelo, habilidad del regador, además de las pérdidas por filtraciones profundas, conducción, evaporación de la superficie del agua así como el agua aprovechada por la planta en sí; para mantener bien proveída de agua en todo tiempo la zona radical del cultivo y así éste haga uso máximo de los nutrientes disponibles en el suelo (4).

Existe en el riego una importante relación de equilibrio entre la cantidad de agua de riego a aplicar, el tipo y topografía del suelo, para evitar al máximo la erosión y arrastre de nutrientes del suelo a zonas fuera del alcance de aprovechamiento por la planta, esto se logra mediante el empleo de caudales, pendientes y longitudes de surco óptimos de riego que están en función directa al tipo de suelo. Estos han sido establecidos por técnicas experimentales de campo, para diferentes tipos de suelo sin incluir el cultivo. (18).

El buen desarrollo y rendimiento del maíz están influenciados, al igual que por el riego, por la época y disponibilidad de nutrientes, que en forma de fertilizantes o abonos químicos, le son dados y que al ser cultivado bajo riego los requiere en cantidades elevadas en especial, el Nitrógeno (4). Este cultivo muestra sus mayores requerimientos a partir de los 30 días de su germinación, llegando al máximo a los 115, o sea en su madurez, aunque su cantidad potencial de grano que producirá al final de su ciclo depende de el área foliar que se forma al principio (13). - Por lo que la aplicación y cantidad de fertilizantes o abonos químicos debe hacerse adecuada y oportunamente.

OBJETIVOS

El presente trabajo trata de obtener algunas bases teórico-prácticas, para el cultivo de maíz en lo que se refiera a:

- 1 Volúmenes óptimos de agua para su máximo desarrollo y producción.
- 2 Longitudes de surcos máximos dependiendo de la topografía y clase textural del suelo.
- 3 Niveles de abonamiento químico-económicamente rentables para la obtención de rendimientos mayores a los actualmente obtenidos en la región de la Fragua Zacapa.
- 4 Determinar la frecuencia de riego para el cultivo del maíz por medio del uso de tensiómetros colocados a diferentes profundidades dentro del perfil del suelo para abarcar la mayor parte de la zona radicular del cultivo, en su fase de desarrollo.

REVISION DE BIBLIOGRAFIA

Importancia del Cultivo de Maíz (Zea mais):

Gómez (5) manifiesta que el maíz es una planta originaria de América, que se cultiva prácticamente en todas las regiones de Guatemala, la producción y consumo de este grano, forma parte de la costumbre nacional desde épocas muy remotas y constituye base principal de la alimentación de los guatemaltecos, siendo obvio la importancia económica y social de este cultivo, razón por la cual, además del incremento que en la actualidad se le da, éste es susceptible de aumentar para satisfacer las necesidades de consumo.

Gularte (9) menciona que el hombre necesita diariamente - para vivir 2.8 kilocalorías, el 62% de ellas se las proporciona el maíz, el resto las obtiene así: 18% provenientes del frijol, 16% de la carne y 4% de otros alimentos.

Con relación al híbrido Icta Tropical 101 usado en el experimento, el Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola (ICTA) (7) menciona que dicho híbrido proviene del cruce de las variedades Icta B-1 (Tuxpeño planta baja) e Icta CB (Eto Blanco) agrega además que se caracteriza por ser híbrido blanco con una altura de 2.10 a 2.30 m. su adaptabilidad va de 0 a 914 m. (0 a 3,000 pies) sobre el nivel del mar, posee alto porcentaje de plantas con dos mazorcas, su rendimiento varía de 1905 a 3493 kg/Ha. (60 a 110 qq./Mz.) su ciclo vegetativo es de 115 días de la siembra a la cosecha.

Riego en el Cultivo de Maíz

Francis y Turelle (4) mencionan que por medio del riego, el

maíz puede desarrollarse aún en áreas áridas y semiáridas con lluvias inferiores a 38.10 cms., además sostienen que las necesidades de agua para el maíz son mayores y más críticas durante los períodos de floración y jilote, por lo que el correcto nivel de humedad en estas etapas es de suma importancia para lograr buenos rendimientos, esto incluso en regiones húmedas donde los agricultores consideran rentable el riego del maíz. También mencionan que este cultivo no necesita la misma cantidad de agua en todas las regiones debido a que el agua está condicionada a los factores propios de cada región, como lo son: precipitación pluvial, temperatura, humedad relativa, horas de luz, duración del ciclo vegetativo, tipo de suelo y pericia del regador. En general estiman de 30.48 a 91.44 cms. de agua, como la oscilación volumétrica para satisfacer las necesidades del maíz en todo su ciclo e incluyendo las pérdidas por evaporación, filtración, desperdicio, y según sus estudios dicen que cuando el maíz está logrando su más rápido desarrollo, algunas veces requerirá 1.27 cms. diarios de agua durante un período de varios días.

Thompson (20) sostiene que los riegos suplementarios en el maíz implican incrementos de 33 kg./Ha. (51 lbs./Mz.) o más por milímetro de agua aplicada, principalmente si se aplica en momentos críticos del cultivo, como lo ilustran experimentos realizados en Carolina del Sur y Blacksburg Va. de Estados Unidos de Norte América, en donde el aplicar un riego de 1.62 cms. durante el período de formación de mazorca aumentó el rendimiento en 43 kg./Ha. (66 lbs./Mz.) por milímetro de agua. Así como también se obtuvo un incremento de 20.6 kg./Ha. (38 lbs./Mz.) por mililitro de agua al ser aplicado el riego durante todo el ciclo del cultivo.

Láminas de Agua de Riego:

En el proyecto de riego piloto de "Santa Rosalita", en Gua

templa (14), se establece la cantidad de 48 cms. de agua para el maíz, recomendando aplicar dicha cantidad en volúmenes diarios de 0.5 cms. durante 96 días distribuidos en 8 riegos cada 12 días.

Trabajos investigativos desarrollados por Avila (1), indican que la interrelación entre el intervalo y la lámina de agua de riego, son responsables en la obtención de rendimientos óptimos en el maíz, así también que una lámina de riego de 3.6 cms. aplicada cada 15 días, produce estadísticamente los mejores rendimientos de maíz en granos para el área de San Cristóbal Acasaguastlán en el departamento de El Progreso. Para el área de El Tempisque Jalpatagua Jutiapa, Castro (3) recomienda para el maíz una lámina neta de consumo de agua de 22.52 cms. en forma preliminar, para fines de programación de planes de riego. Además indica que el número de riegos a aplicar puede ir de 6 a 9 durante el período del cultivo, y el intervalo de riegos adecuados puede oscilar entre 13 y 20 días en el primer mes de desarrollo del cultivo, de 7 a 10 días en el segundo mes o período de mayor desarrollo y de 9 a 13 días en el tercer mes o período final.

Longitud de Surco:

Sapir (18), menciona una relación importante entre la longitud del surco de riego, la pendiente del mismo, el tipo de suelo y el caudal máximo de riego, mediante tablas que optimizan estos factores tomando en cuenta su interrelación. Trabajos desarrollados por Kern (11), sostienen que uno de los métodos de riego por gravedad para el maíz, es el de surcos con una pendiente hasta el 4% para suelos medianos o arcillosos y con un grado de infiltración que oscile de 0.2 a 8 cms./hora.

Abonamiento Químico Inorgánico:

En el Instituto Nacional de Alimentos de Estados Unidos

de Norte América (13), han determinado a través de experimentos, que las plantas bien abonadas emplean el agua más eficientemente que las no abonadas, debido a que por lo general, el abonamiento aumenta la profundidad de las raíces, incrementando así la reserva de agua al aprovechar la humedad disponible en subsuelos profundos. Además menciona que en Iowa, el maíz abonado obtuvo agua a una profundidad de 2.14 m. en tanto que el maíz sin abonar lo hacía hasta 1.53 m.; la diferencia en absorción de agua entre el cultivo abonado y el no abonado fue de aproximadamente 10 cms. más en el abonado, razón por la que el maíz abonado produjo más grano con la misma cantidad de agua aplicada. También agrega que en los experimentos de Missouri, se demostró que el maíz en suelo arcilloso no podía utilizar eficazmente la humedad a menos que se le abonara, comprobándose esto con el análisis de humedad del suelo que el maíz abonado tenía sólo 2.64 cms. de agua a una profundidad de un metro, en tanto que el suelo del maíz sin abonar tenía 11.4 cms. de agua a la misma profundidad, sin embargo, los rendimientos fueron de 6900 kg./Ha. (107 qq./Mz) y 1600 kg./Ha. (25 qq./Mz.) respectivamente, por lo que se estableció que eran necesarios 60.2 m^3 . de agua para producir cada 100 kilogramos (2.2 qq.) de maíz abonado, contra 225.75 m^3 . por 100 kilogramos (2.2 qq.) de maíz sin abonar.

Thompson (20), manifiesta que en experimentos realizados en Blackland Experiment Station, Temple Texas, se observó que la adición conjunta de Nitrógeno 100 kg./Ha. (1.57 qq./Mz.) y riego de 18 a 36 cms. de agua dio los valores de 5550 a 7500 kg./Ha. (86 a 117 qq./Mz.) en maíz sembrado continuamente con una densidad de 30000 plantas por hectárea y que el rendimiento promedio total durante 3 a 4 años fue de 6660 kg./Ha. (104 qq./Mz.), mientras que el sin abonar tuvo un promedio de 4640 kg./Ha. (72 qq./Mz.), así también se observó que el maíz sin riego ni abonamiento obtuvo un rendimiento promedio de 3710

kg./Ha. (58 qq./Mz.) y agrega que en general, los rendimientos se relacionan con la cantidad de agua aplicada, de la misma manera que también se relacionan con el abono agregado.

I.C.T.A. (7), menciona en sus investigaciones de campo sobre Evaluación de la Respuesta del Maíz al Abonamiento Químico de N, P y K bajo condiciones de: San Jerónimo B.V., Río Hondo Zacapa, y Jalpatagua Jutiapa; que: se observó respuesta significativa al abonamiento nitrogenado, no así a la aplicación de Fósforo y Potasio. A la vez, la respuesta a nitrógeno por hectárea varió de 40 a 120 kg. (62-187 lbs./Mz.), alcanzándose rendimientos máximos estables que oscilan entre 4315 y 6126 kg./Ha. (67 y 95 qq./Mz.), así también en promedio el maíz respondió hasta el nivel de 82 kg. de nitrógeno por hectárea (127 lbs./Mz.) para elevar los rendimientos de 2122 a 5155 kg./Ha. (33 a 80 qq./Mz.) a una tasa de 36.99 kg (82 lbs.) de maíz producido por un kilogramo (2.2 lbs.) de nitrógeno aplicado.

MATERIALES Y METODOS

Este trabajo fue realizado en terrenos del Centro de Experimentación y Producción "Oasis" La Fragua Zacapa, Geográficamente está situado a $14^{\circ} 57'$ latitud Norte y $89^{\circ} 33'$ longitud Oeste, su elevación es de 190 metros sobre el nivel del mar. El área total experimental fue de una hectárea con una pendiente de 2%. Su duración comprendió de Octubre 1975 a Enero 1976.

Las condiciones ecológicas durante el desarrollo del experimento se presentan en el apéndice 1.

Las características físico-químicas tanto del suelo como de el agua de riego se presentan en el apéndice 2.

El híbrido empleado para el experimento fue el Icta Tropical 101, la preparación del suelo, siembra y limpias se efectuaron en forma mecanizada; el espaciamiento de siembra fue de 0.90 m. entre surcos y 0.30 m. entre plantas. Asimismo durante el período vegetativo se llevaron los controles fitosanitarios dependiendo de la incidencia de las plagas y/o enfermedades del cultivo.

El diseño estadístico usado para analizar el experimento fue el de bloques al azar con arreglo factorial de 4 láminas de agua x 4 longitudes de surco x 4 niveles de abonamiento químico y se efectuaron 4 repeticiones (19).

Láminas de Agua de Riego:

Las láminas de agua usadas fueron: 0, 46, 50, 56 cms., - respectivamente, las cuales se determinaron por medio de mediciones en la entrada y salida de los surcos con Aforadores Trape-

zoidales de fibra de vidrio y ángulo de 60° en el fondo, que tienen funciones similares a las de un medidor Parshall de plástico; su calibración se basa en una tabla para medidores Parshall de plástico, la cual a su vez proviene de una curva de calibración. (Ver apéndice 3)

Estas se calcularon en forma individual para cada riego y cada tratamiento.

Los cálculos se tabularon en base a la fórmula siguiente:

$$L. A. = Q_e \times Fac. \times T.r. \dots$$

L. A. = Lámina de agua en centímetros (cms.)

Q_e = Caudal de riego efectivo puesto en el suelo del área de riego en litros por segundo (Lt./Seg.).

T.r. = Tiempo de riego en horas (h.).

Fac. = Factor de equivalencia entre 1 Lt./Seg. de agua puesto en la entrada del surco y los centímetros por hora (cms/h), de agua absorbida por el suelo del área regada para los distintos tratamientos.

Este factor se calculó así:

$$1 \text{ Lt/Seg} = \frac{Ha}{\text{Área regada}} \times 0.036 \text{ cm/h} \dots$$

Ha = Hectárea

El factor de 0.036 cm/h se origina de la equivalencia que se hizo para saber qué volumen de agua se ha absorbido por el suelo en cm/h por 1 Lt/seg/Ha; se dedujo en esta forma:

$$\begin{aligned}
 1 \text{ Lt/Seg/Ha} &= \frac{0.001 \text{ m}^3 \times 3600 \text{ seg.}}{10000 \text{ m}^2} = \frac{0.001 \text{ m.}}{100} \times 36 = \\
 &= \frac{0.1 \text{ cm}}{100} \times 36 = \frac{3.6 \text{ cm/h}}{100} = 0.036 \text{ cm/h}
 \end{aligned}$$

Para el cálculo de la primer lámina de agua parcial en los riegos, se tomaba la lectura del aforador en la entrada del surco sin restarle la lectura del aforador de la salida de el surco; con el resto de láminas parciales se procedía a restar a la inicial la final del surco, debido a que él mismo ya mojado, no utilizaba la totalidad del caudal de entrada.

Se efectuaron chequeos de los niveles de humedad disponibles del suelo en los diferentes tratamientos de láminas de agua antes y después de cada riego, así como a distintas profundidades del suelo para conocer las variaciones de los gradientes de humedad del mismo y a la vez, poder determinar cuándo regar oportunamente cada tratamiento. (Ver apéndice 4) El método de chequeo usado fue la instalación y uso de Tensiómetros de acuerdo a las técnicas referidas por Gornat y Golberg (6), éstos se distribuyeron entre los tratamientos de láminas de agua y suelos Rojo y Negro. Para efectuar los riegos en cada uno de los tratamientos se tomó como base las lecturas que daban los tensiómetros, la turgidez o flacidez del cultivo. Aplicándose el riego cuando el déficit de humedad determinado por los tensiómetros estaba en el 50% o sobrepasaba éste. Se le dio prioridad a los tensiómetros - que su profundidad coincidía con el crecimiento del cultivo, en el primer mes se les dio prioridad a los tensiómetros de 30 cms., de profundidad y el 2° y 3° mes al de 60 cms.

El agua de riego usada fue suministrada por el Distrito de Riego No. 2, La Fragua, a través de su unidad de riego "Llano

de Piedra". El método de riego usado fue el de gravedad por surcos, por ser el más usado en la región; usándose además sifones de PVC con un diámetro de 0.025 m. (1") para un efectivo control del caudal de riego, así también en el canal de riego se usaron compuertas de plástico cada 10 metros para obtener un tirante uniforme. Los surcos tuvieron una pendiente uniforme de 2%, - abiertos al final y desembocando en un canal de drenaje. Los sifones fueron manejados de acuerdo a las técnicas sugeridas por Sapir (18), Francis y Turelle (4).

En el experimento se aplicaron dos tipos de riegos: uniforme y diferenciado; el tipo uniforme consistió en proporcionar a todas las parcelas el agua en la misma fecha e igual cantidad, para el primer riego o de pregerminación del cultivo; los diferenciados consistieron en aplicarlos en función de los cheques de humedad disponible en cada tratamiento que se basaban en las lecturas de los tensiómetros. La cuantificación de la producción se hizo únicamente de los dos surcos centrales de los 4 usados en cada repetición, eliminando uno de cada lado para evitar los errores por influencia de las otras repeticiones o tratamientos.

Longitud de Surco:

Previo levantamiento topográfico y determinación de la pendiente del terreno se establecieron las siguientes longitudes de surco: 80, 120, 160 y 200 metros así como el trazo, hechura del canal de riego y el drenaje de todos los surcos que cubrían el área experimental.

La cuantificación de la producción se efectuó en forma similar a la de Láminas de Agua de Riego.

Niveles de Abonamiento Químico Inorgánico:

Paralelamente a los trabajos iniciales de esta investigación se analizó químicamente el suelo del área experimental (ver apéndice 2), reflejando dicho análisis deficiencias de N y P para el cultivo de maíz 104-58-0 kg/Ha. (160-90-0 lb/Mz).

En base a las recomendaciones dadas por el laboratorio de suelos de ICTA, el rango de variabilidad económica para este cultivo y a la vez satisfacer las necesidades nutricionales del mismo se usaron, al momento de la siembra, los siguientes niveles de abonamiento con la fórmula 16-20-0: 0, 65, 195 y 325 hg/Ha - (0, 1, 3, 4 y 5 qq/Mz) así también se usó a los 27 días después de la siembra un total de 130 kg/Ha (2 qq/Mz) de Urea (46-0-0); todo esto con el propósito de llenar los requerimientos de nitrógeno y uniformizar este elemento en toda el área experimental.

El abonamiento por cada repetición cubrió un área de 50.4 m². completándose en las 4 repeticiones un total de 201.6 m². - por tratamiento. Las parcelas se localizaron en forma transversal y casi al centro del área experimental.

La cuantificación de la producción se efectuó en forma similar a la utilizada en Láminas de Agua de Riego y Longitudes de Surco.

RESULTADOS

El análisis de varianza de los tratamientos y sus combinaciones e interacciones aparece en el cuadro No. 1. Los tres efectos principales (Láminas de agua, Longitudes de surco y niveles de abonamiento), difieren significativamente al 1%, así como también lo hacen las interacciones de primer grado: Lámina de agua por Longitudes de surco y Longitudes de surco por Niveles de abonamiento. Por otro lado, se observa que tanto la interacción de primer grado, Láminas de agua por Niveles de abonamiento como la interacción de segundo grado, Láminas de agua por Longitudes de surco por Niveles de Abonamiento, no muestran diferencia significativa a este mismo porcentaje de confiabilidad.

La gráfica No. 1, muestra los rendimientos obtenidos en las diferentes láminas de agua de riego puestas en observación y se observa que el aumento de los rendimientos están en proporción directa con la mayor lámina de agua aplicada, aunque este aumento no guarda una relación lineal, así también deja entrever que cuando la lámina de agua es mayor de 50 cms., los rendimientos tienden hacia una relación cuadrática.

La gráfica No. 2, presenta los rendimientos alcanzados con las diferentes longitudes de surco. En estos se nota que la producción guarda una relación directa, es decir, que a mayor longitud de surco mayor rendimiento.

La gráfica No. 3 resume los resultados obtenidos con distintos niveles de abonamiento químico, a diferencia de los parámetros anteriores se observa que el mayor rendimiento se obtuvo en el nivel de 195 kgs./Ha., y no a 325 kgs./Ha., que era lo esperado.

Los rendimientos de maíz en la interacción de primer grado entre láminas de agua y longitudes de surco se presentan en las gráficas 4 y 5. En la gráfica 4 se observa que la producción es distinta significativamente en casi todas las interacciones excepto en la lámina cero y las longitudes de 200 y 120, mts., además se nota que el mayor rendimiento se obtuvo cuando se aplicó una lámina de 50 cms., en un surco de 200 mts., así mismo se observa que cuando no se aplicó agua la producción fue más baja significativamente comparada con los demás tratamientos. Por otra parte la gráfica 5 muestra que a mayor longitud de surco mayores la producción en las láminas 46, 50 y 55. Además se observa que en los surcos de 160 y 200 mts., la lámina de 50 cms., dio los máximos rendimientos por lámina. Así también se nota que en el surco de 120 mts., las láminas de 50 y 46 cms., no difirieron significativamente al igual las de 55 y 46 cms., en el surco de 160 mts.

Las gráficas 6 y 7 muestran los rendimientos de maíz obtenidos de la interacción de láminas de agua y niveles de abonamiento, en la primera se observa que la producción es distinta significativamente en los cuatro niveles de abonamiento en la lámina de 46 cms. Es importante notar que cuando no se aplicó agua, la producción fue inferior al resto de los tratamientos. Se observa que los niveles de abonamientos en conjunto respondieron mejor en rendimientos en la lámina de 55 cms., aunque no fue en ésta donde se obtuvo la máxima producción por nivel. En las láminas de 55 y 0 cms., se observa que a mayor cantidad de abono aplicado, mayor es la producción, mientras que en las láminas de 50 y 46 cms., predominó la máxima producción cuando se aplicó 195 kgs./Ha. En la segunda gráfica se nota que en el nivel de 195 kgs./Ha., fue donde se obtuvo los máximos rendimientos de las distintas láminas de 55, 50 y 46 cms. Se nota que la lámina de 50 cms., fue la que dio los más altos rendimientos cuando se les aplicó abono. En los niveles de 325 y 195 kgs./

Ha., las láminas de 55 y 50 cms., no difirieron significativamente.

Las gráficas 8 y 9 muestran los rendimientos de maíz obtenidos por la interacción de las longitudes de surco por niveles de abonamiento químico. Se observa en la gráfica 8 que el máximo rendimiento se obtuvo cuando se aplicaron 195 kgs./Ha., de abono en surcos de 200 mts., comparando las distintas longitudes de surco interaccionadas por los distintos niveles de abonamiento, se observa que a mayor longitud de surco mayor es la producción. - Por otra parte se nota que en los niveles de abonamiento interaccionados por las longitudes de surco no guardan una relación lineal. Es importante observar que en los surcos de 160, 120 y 80 mts., no hubo diferencia significativa entre los niveles de 325 y 195 kgs./Ha. En la gráfica 9 se observa que casi en todos los niveles excepto en el de cero, el surco de 200 mts., da los máximos rendimientos con diferencias significativas del resto de los surcos.

Las lecturas de los tensiómetros así como la turgidez y la flacidez del cultivo dieron como resultado la obtención de las siguientes frecuencias de riego:

Tratamiento de lámina de 55 cms., con un número de 9 riegos.

1° Riego 26/9/75

$$89 \text{ días} \div 9 = 9.8 \text{ días} \approx 10 \text{ días}$$

9° Riego 23/12/75

Tratamiento de lámina de 50 cms., con un número de 7 riegos.

1° Riego 26/9/75

$$89 \text{ días} \div 7 = 12.7 \text{ días} \approx 13 \text{ días}$$

7° Riego 23/12/75

1° Riego 26/9/75

$$89 \text{ días} \div 5 = 17.8 \text{ días} \approx 18 \text{ días.}$$

5° Riego 23/12/75

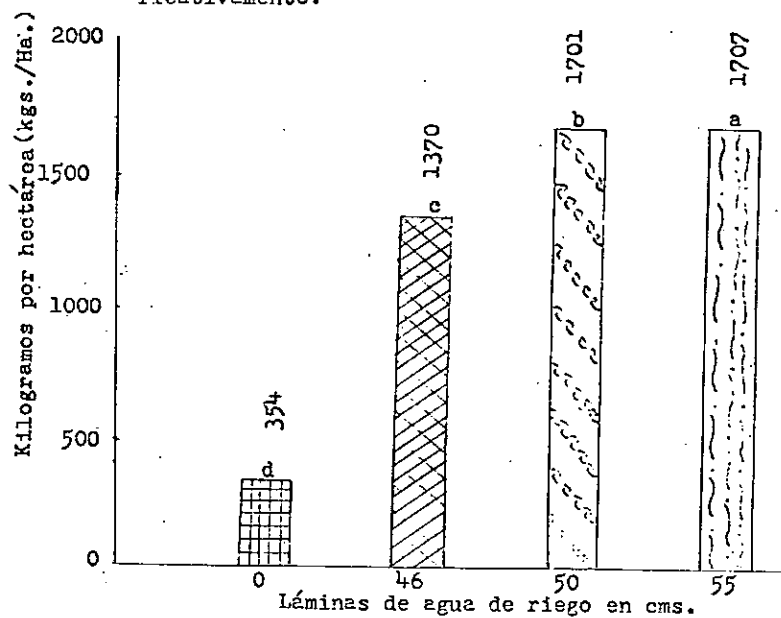
CUADRO No. 1

Análisis de variación de los tratamientos, sus combinaciones e interacciones, de las variables: Lámina de Agua, Longitud de Surco y Niveles de Abonamiento Químico.

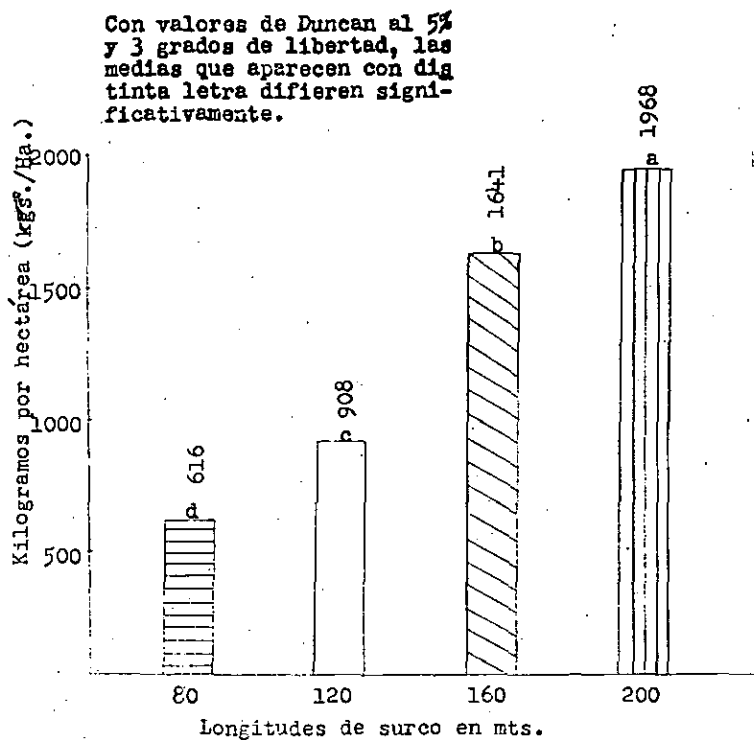
Fuente de Variación	Grados de Libertad	Media Cuadrada	F al 1%
Total (rABC - 1)	255		
Repeticiones (R-1)	3	14.280	0.42
Tratamientos (T-1)	63	360.457	10.63 ^{xx}
A- Lámina de Agua	3	2605.798	76.85 ^{xx}
B- Longitud de Surco	3	2515.245	74.18 ^{xx}
C- Niveles de abonamiento	3	489.939	14.45 ^{xx}
A x B (A-1) (B-1)	9	264.602	7.80 ^{xx}
A x C (A-1) (C-1)	9	36.104	1.06
B x C (B-1) (C-1)	9	215.027	6.34 ^{xx}
A x B x C	27	45.735	0.44
Error (r= -4) (r-1) (ABC-1)	189	33.909	

xx Altamente significativo.

Con valores de Duncan al 5% y 3 grados de libertad, las medias que aparecen con distinta letra difieren significativamente.

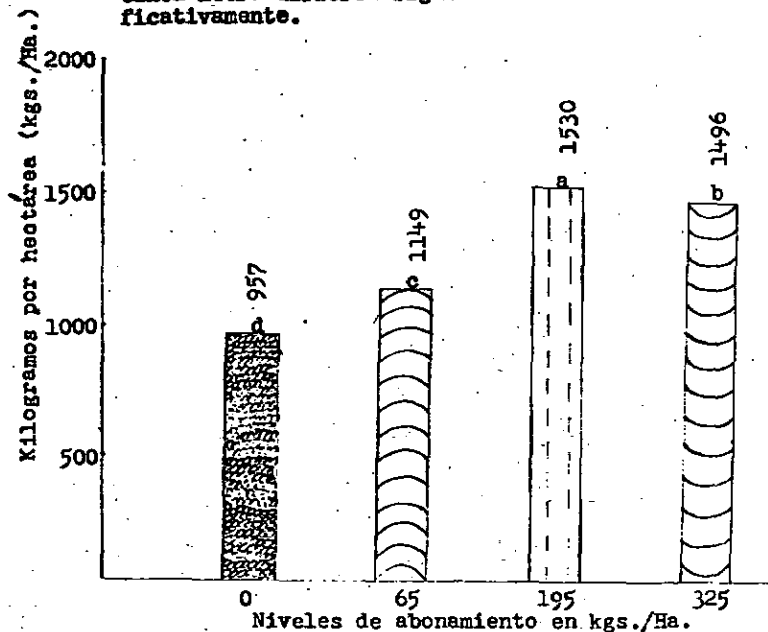


Gráfica 1. Producción de Maíz en kgs./Ha., en cuatro diferentes láminas de agua de riego.



Gráfica 2. Producción de Maíz en kgs./Ha., en cuatro diferentes longitudes de surco.

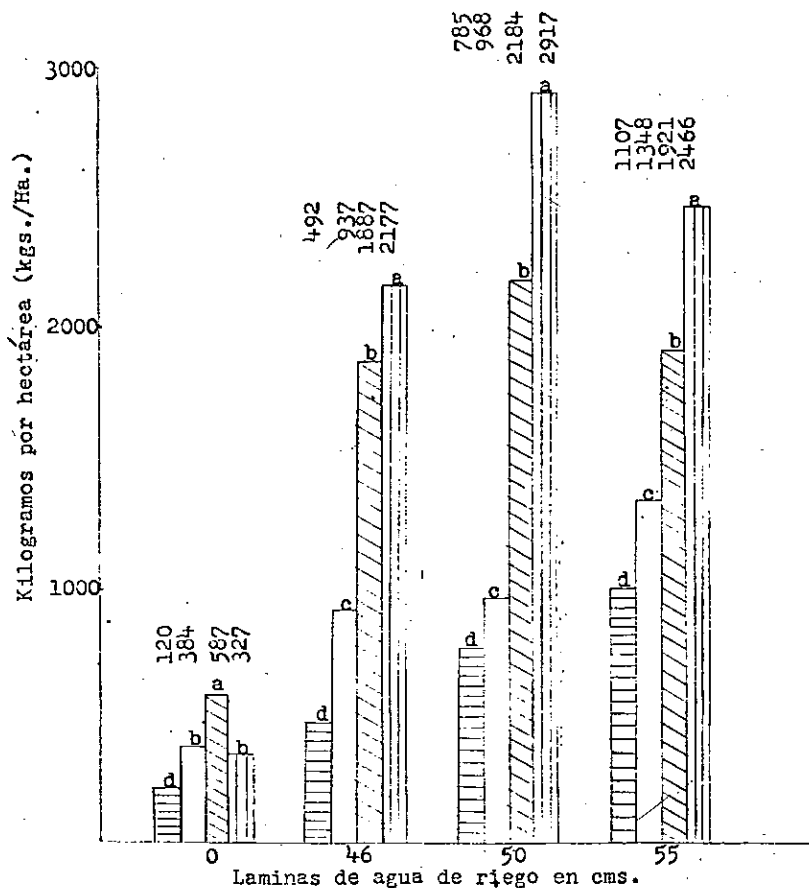
Con valores de Duncan al 5% y 3 grados de libertad, las medias que aparecen con dig. tinta letra difieren significativamente.



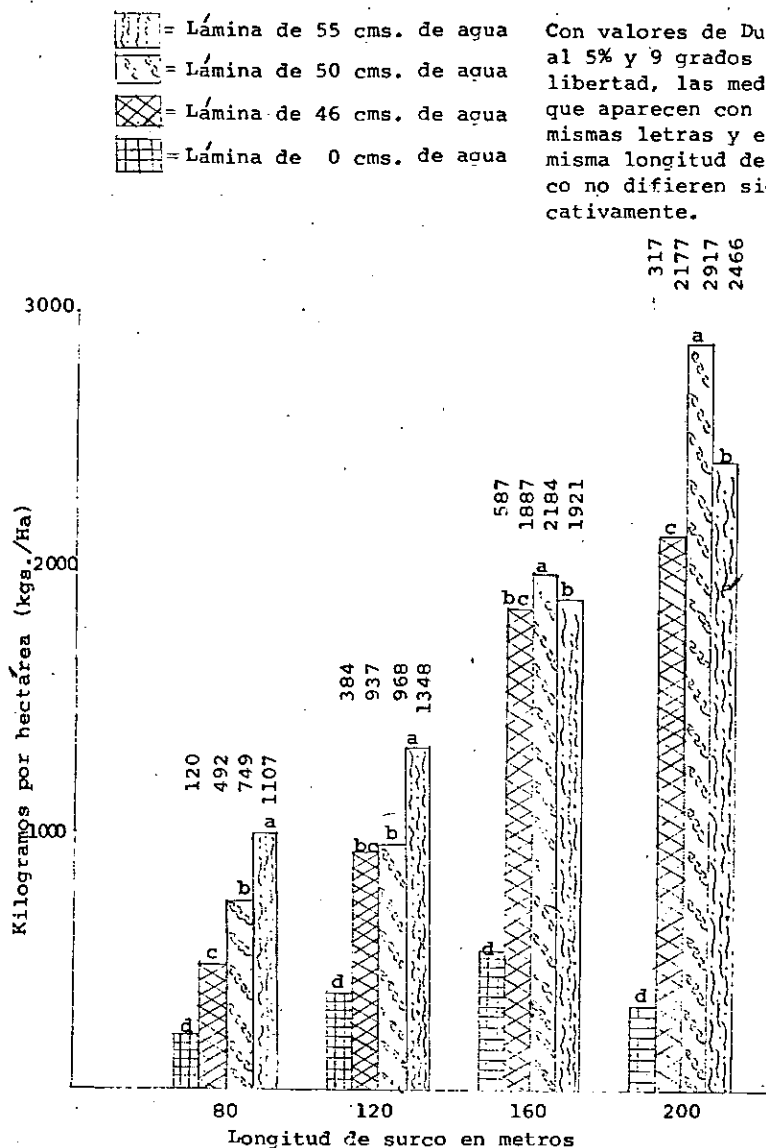
Gráfica 3. Producción de Maíz en kgs./Ha., en cuatro diferentes niveles de abono químico.

 Surco de 200 mts.
 " " 160 "
 " " 120 "
 " " 80 "

Con valores de Duncan al 5% y 9 grados de libertad, las medias que aparezcan con la misma letra y en la misma lamina de agua no difieren significativamente.



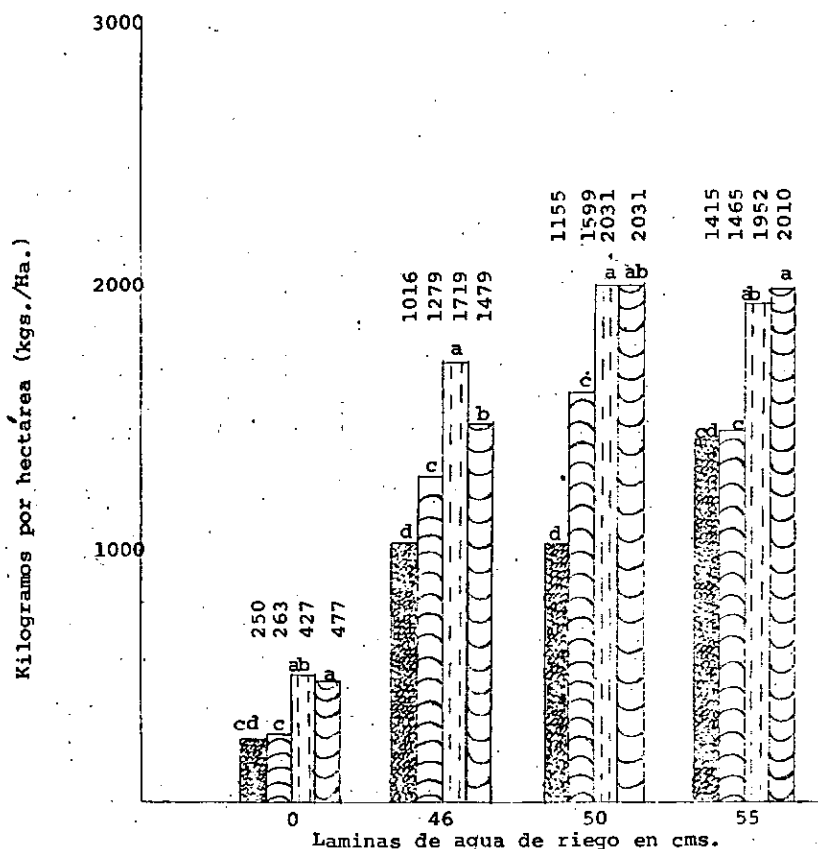
Gráfica 4. Rendimientos promedios de Maíz en kgs./Ha., obtenidos en las distintas láminas de agua interaccionadas por las distintas longitudes de surco.



Gráfica 5. Rendimientos promedios de Maíz en kgs./Ha., obtenidos en las distintas longitudes de surco interaccionadas por distintas láminas de agua.

-  = Nivel de 325 kg/Ha de abono
 = Nivel de 195 kg/Ha de abono
 = Nivel de 65 kg/Ha de abono
 = Nivel de 0 kg/Ha de abono

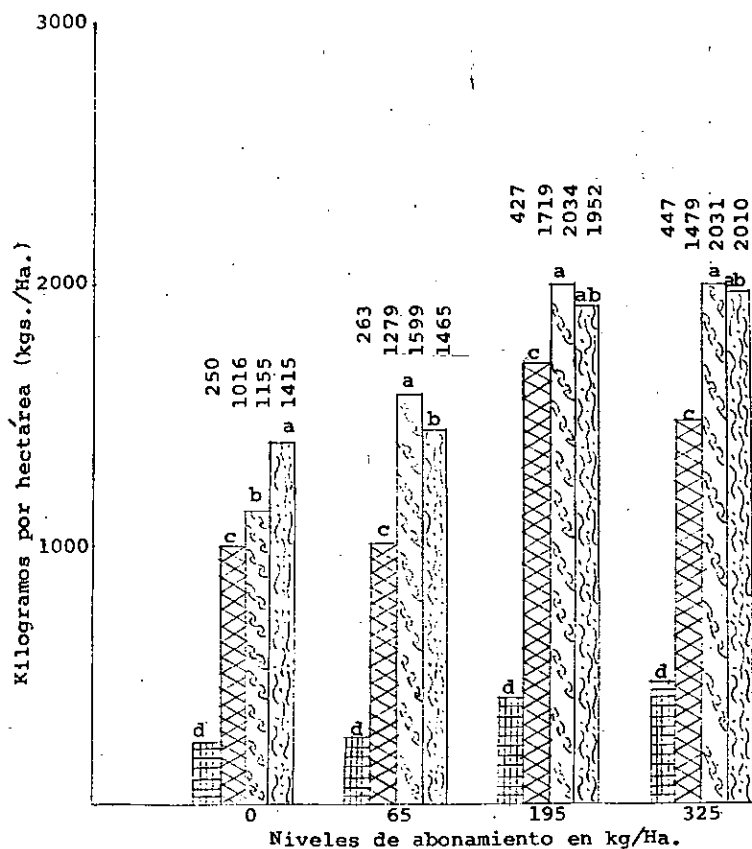
Con valores de Duncan al 5% y 9 grados de libertad, las medias que aparecen con las mismas letras y en la misma lamina de agua de riego no difieren significativamente.



Grafica 6. Rendimientos promedios de Maíz en kgs/Ha., obtenidos en las distintas láminas de agua interaccionadas por los distintos niveles de abonamiento químico.

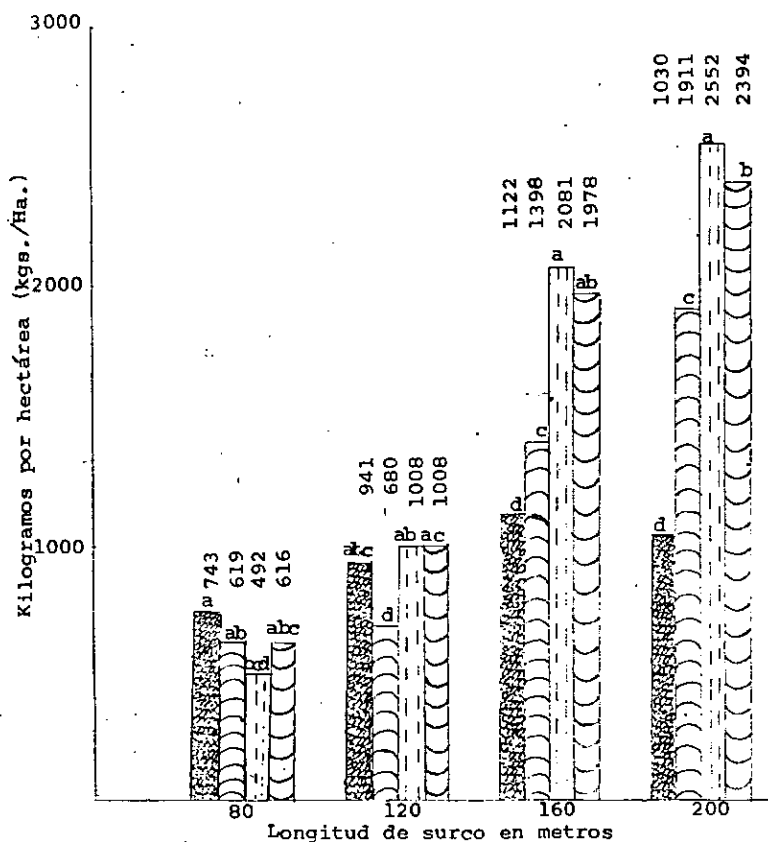
 = Lámina de 55 cms. de agua
 = Lámina de 50 cms. de agua
 = Lámina de 46 cms. de agua
 = Lámina de 0 cms. de agua

Con valores de Duncan al 5% y 9 grados de libertad, las medias que aparecen con las mismas letras y en el mismo nivel de abonamiento no difieren -- significativamente.

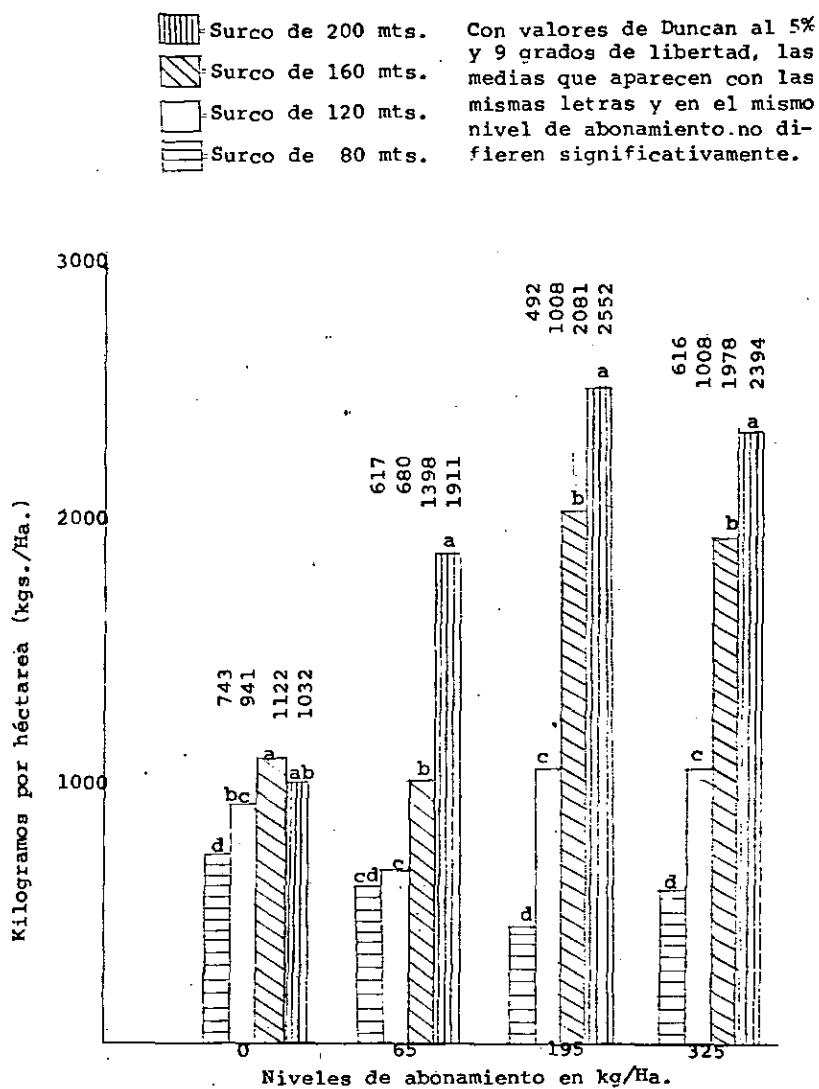


Gráfica 7. Rendimientos promedio de Maíz en kgs./Ha., obtenidos en los distintos niveles de abonamiento interaccionados por distintas láminas de agua.

-  Nivel de 325 kg/Ha de abono
 Nivel de 195 kg/Ha de abono
 Nivel de 65 kg/Ha de abono
 Nivel de 0 kg/Ha de abono
- Con valor de Duncan al 5% y 9 grados de libertad, las medias que aparecen con las mismas letras y en la misma longitud de surco no difieren -- significativamente.



Gráfica 8. Rendimientos promedios de Maíz en kgs./Ha., obtenidos en las distintas longitudes de surco interaccionadas por distintos niveles de abonamiento -- químico.



Gráfica 9. Rendimientos promedio de Maíz en kgs/Ha., obtenidos en los distintos niveles de abonamiento interaccionados por distintas longitudes de surco.

DISCUSION

Las láminas de agua muestran que cuando al sobrepasar los 50 cms., el incremento en rendimiento tiende a dejar de ser proporcional con el aumento de las láminas de agua. Esta reducción en incremento guarda una estrecha relación con los trabajos investigativos hechos por Francis y Turelle (4), quienes concluyeron que el intervalo oscilatorio de requerimiento de agua del cultivo de maíz en lámina va de 30.5 a 91.5 cms., dependiendo este rango de las distintas condiciones ecológicas y edafológicas del medio. Aparentemente la lámina de 50 cms., llena las necesidades de agua del cultivo de maíz en todo su ciclo vegetativo y bajo las condiciones de la Fragua Zacapa, se dice esto por coincidir dicha lámina con la que se obtuvo, para el cultivo de maíz por el plan piloto de riego de Santa Rosalía Guatemala (14).

Los resultados del presente trabajo indican claramente que a medida que se acerca a la longitud de surco de 200 mts., existe en forma paralela un aumento de la producción (Gráfica 2). Esta longitud de surco concuerda con las recomendaciones para suelos pesados que menciona Sapir (18).

El tercer efecto o sean los niveles de abonamiento químico (Gráfica 3), muestra que el nivel de abonamiento químico de 195 kg/Ha. obtuvo los mejores rendimientos. Esto guarda una estrecha relación con el análisis químico del suelo y las recomendaciones hechas al respecto por el laboratorio de suelos de ICTA - ver apéndice 2, en las cuales se indica que los requerimientos son de 200 kg/Ha. Llama la atención el hecho de que cuando se aplicaron 325 kg/Ha de 16-20-0 no se obtuviera el mayor rendimiento, esto bajo las condiciones en las cuales se llevó a cabo este experimento, podría asociarse con la ley de Beneficios Decrecientes en el Abonamiento mencionada por Thompson (20).

Los resultados de las láminas de agua de riego interaccionadas por las distintas longitudes de surco (Gráficas 4 y 5), muestran a excepción de cero lámina de agua, que las interacciones de surcos de 200 mts., repercutieron en una mayor producción in distintamente en las láminas de 46, 50 y 55 cms., confirmándose con esto una vez más lo expuesto por Sapir (18).

Los resultados en la interacción láminas de agua de riego por niveles de abonamiento químico, demuestran una influencia positiva debido a que los rendimientos aumentan en forma general a medida que se aplican tanto agua de riego como abono. Thompson (20), encontró que los rendimientos se relacionan con la cantidad de agua y abono aplicados, lo cual coincide con los resultados obtenidos en este experimento. El hecho de que los rendimientos de esta interacción fueran relativamente bajos podría explicarse en base al análisis químico verificado en el laboratorio de suelos de la Unidad de Estudios y Proyectos de DIGESA, el cual indica que el contenido de sales de sodio es alto al igual que la conductividad eléctrica en los suelos del área experimental, afectando dichos parámetros la absorción de nutrientes así como del agua por parte del cultivo. Comparando los resultados de los mejores rendimientos que se obtuvieron con la lámina de 50 cms., y 195 kg/Ha. de abono 16-20-0 contra los rendimientos obtenidos con una lámina de cero y 195 kg/Ha. de abono se observa que por cada centímetro de agua aplicado hubo un incremento en el rendimiento de 32 kg/Ha. Estos datos sugieren que bajo condiciones de los Llanos de la Fragua no debe cultivarse maíz sin hacerse una programación adecuada de riegos. En los parámetros de longitudes de surco y niveles de abonamiento químico se pudo notar en forma general que a medida que se acercaba a 195 kg/Ha de abono 16-20-0 con surco de 200 mts., la producción aumentó considerablemente, esto podría atribuirse a la textura altamente arcillosa que predomina entre los 0 a 90 cms. de profundidad en el área experimental. Otra posible explica-

ción sería, que cuando se aplicaron 195 kg/Ha de 16-20-0 se llenaron los rangos de deficiencia aguda y hambre oculta demandado por el cultivo de maíz.

Con respecto a las frecuencias de riego se observa que, la frecuencia de 13 días es la más adecuada para el maíz, la cual coincide con los trabajos realizados por Avila (1) en San Cristóbal Acasaguastlán, Castro (3) para el área del Tempisque. Jalpatagua y el Plan Piloto de riego de Santa Rosalía (14); esta frecuencia se mantuvo dentro del déficit de agua tolerable por la planta, al aplicársele riegos cuando las lecturas de los tensiómetros llegaban al 50% de déficit de humedad o lo sobrepasaban. Es importante observar que en la frecuencia de 18 días fue donde se aplicó menos agua de riego, esto se debió al hecho de que solamente se aplicó riego cuando se observó objetivamente flacidez en el cultivo. Y la lámina de agua de riego aplicada no involucraba las pérdidas acumuladas por evapotranspiración sino únicamente de acuerdo a la capacidad de infiltración y retención de agua por el suelo.

CONCLUSIONES:

De los trabajos investigativos efectuados se puede concluir lo siguiente:

1. Efectuar riegos con lecturas de tensiómetros, sí es válido para el cultivo de maíz.
2. Según las lecturas en tensiómetros, mostraron en el suelo negro, a diferentes profundidades, un bajo porcentaje de déficit de humedad, lo cual confirma que un suelo con suficiente humedad y alto contenido de sales, la humedad no es totalmente aprovechable por el cultivo, se dice esto en base a observaciones oculares en las cuales se pudo notar que la flacidez del cultivo era notoria a pesar de que los tensiómetros indicaban suficiente humedad en el suelo.
3. De acuerdo a las lecturas de los tensiómetros se pudo establecer de que las frecuencias promedios de los tratamientos de láminas de agua de riego de 46, 50 y 55 cms., resultaron ser frecuencias de 18, 13 y 10 días respectivamente.
4. Irrespectivamente del tipo de suelo se concluyó en este trabajo que la lámina de agua de riego de 50 cms., (frecuencia de 13 días) fue la que proporcionó los mejores rendimientos de maíz.
5. La longitud de surco difirió significativamente, encontrándose que la óptima longitud fue de 200 mts.
6. Bajo las condiciones que predominaron durante el desarrollo de estos experimentos se concluyó que la aplicación de 195 kg/Ha., de 16-20-0 fue la que produjo los mayores rendimientos.

RECOMENDACIONES:

1. Aumentar el número de tensiómetros para mejorar lecturas.
2. Probar tensiómetros en suelo negro libre de sales para determinar si el 50% de déficit de humedad es el indicador correcto para aplicar riego al cultivo de maíz.
3. Probar a nivel semi-comercial los datos óptimos de este trabajo.
4. Los datos aquí presentados dan una idea de la relación que existe entre las características de los tres tipos de suelo estudiados y la lámina de agua, longitud de surco y nivel de abonamiento químico, pero se estima que es necesario comprobaciones más exhaustivas de estos mismos parámetros en cada tipo de los suelos mencionados.
5. Usar mejoradores del suelo (Yeso, azufre, etc) para obtener una mejor absorción del agua de riego y nutrientes químicos en condiciones edáficas similares al del presente trabajo investigativo.
6. En los Llanos de la Fragua, debe verificarse previo al inicio del cultivo de maíz, una programación adecuada de riego.
7. Para el período de Octubre a Enero y bajo las condiciones de los Llanos de la Fragua debe aplicarse una lámina de agua de riego que oscile entre 50 y 55 cms., y con una frecuencia de 10 a 13 días.

BIBLIOGRAFIA

1. Avila Pérez, José Fernando. Aprovechamiento de la Capacidad de Retención de Humedad del Suelo, sobre el Rendimiento del Cultivo del Maíz (Zea Mais híbrido H-5) en la Unidad de Riego 3.3 "SAN CRISTOBAL ACASAGUASTLAN". Guatemala, Universidad de San Carlos, Facultad de Agronomía. 1975. 50 p. (Tesis Ing. Agr.)
2. Castillo Orellana, Salvador. Monografía Estudio Preliminar de la Calidad de Aguas de Riego de la República de Guatemala. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía, 1963. 47 p.
3. Castro Magaña, Manuel José. Consumo de Agua para el Cultivo de Maíz (Zea mais), en la Unidad de Riego El Tempisque. Guatemala, Universidad de San Carlos, Facultad de Agronomía, 1976. 58 p. (Tesis Ing. Agr.)
4. Francis, C. J. y Turelle J. W. Riego del Maíz. Boletín Agrícola 2059. México Centro Regional de Ayuda - Técnica, Agencia para el Desarrollo Internacional, 1968. 14 p.
5. Gómez Mollinedo Julio. Esquema para la Utilización de un Proyecto de Semilla Mejorada de Granos Básicos Aspectos Técnicos-Económicos. Guatemala, Universidad de San Carlos, Facultad de Ciencias Económicas, 1975. 103 p. (Tesis de Lic. Economía).

6. Gornat, B. y Golberg, S. D. El uso de Tensiómetros para medir la Tensión del Agua del Suelo y determinar el Régimen de Riego. México Centro Regional de Ayuda Técnica, Agencia para el Desarrollo Internacional, 1975. 11 p.
7. Guatemala, Ministerio de Agricultura, Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas. El Cultivo de Maíz en el Parcelamiento La Máquina. 2a. Ed. Guatemala, ICTA 1977. s.p. (Folleto técnico, 3).
8. ----- Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas. Programa de Nutrición Vegetal Informe Anual 1974. Guatemala ICTA, 1975. 123 p.
9. Gularte Puente, Ricardo Manuel. La Comercialización del Maíz. Guatemala, Universidad de San Carlos. Facultad de Ciencias Económicas. 1971. 124 p. (Tesis Lic. Economía).
10. Gundersen López, W. Riego y Manejo del Agua. Guatemala, Ministerio de Agricultura, Dirección de Enseñanza y Capacitación Agrícola. 1975. pp. 1-28.
11. Kern Stutler, R. Métodos y Prácticas del Riego por Gravedad. Estados Unidos de Norteamérica, Utah State University/AID, 1974. 15 p. Mimeografiado.
12. Minera Barillas, Alberto Arturo. Comparación de Métodos para Pronosticar Evapotranspiración en Guatemala. Guatemala, Universidad de San Carlos, Facultad de Agronomía, 1974. 88 p. (Tesis Ing. Agr.).
13. National, Plant Food Institute. Manual de Fertilizantes.

México, Centro Regional de Ayuda Técnica, Agencia para el Desarrollo Internacional, 1970. pp.221-236.

14. Operación, Conservación y Tecnificación de Distritos de Riego, Guatemala, Ministerio de Agricultura, Recursos Hidráulicos, 1974 Manual 1, Vol. 2.
15. Pineda Mejía, Jorge. Consideraciones Agroeconómicas sobre el Proyecto de Irrigación del Valle de La Fragua. Guatemala, Universidad de San Carlos, Facultad de Agronomía, 1964. 34 p. (Tesis Ing. Agr.)
16. Reyes Rodríguez, Lorenzo Isaías. Monografía de La Aldea San Jorge, La Fragua Zacapa. Guatemala, Universidad de San Carlos Facultad de Agronomía, 1976. 36 p.
17. Richards, L. A. Diagnóstico y Rehabilitación de Suelos Salinos y Sódicos. 4a. Ed. México, Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, 1965 p.p. 1-35 - (Manual de Agricultura No. 60).
18. Sapir, Elimelej. La Irrigación por Surcos. Traducido por: Pinjas Koren. Israel, Ministerio de Agricultura, Departamento de Capacitación para El Extranjero, 1976. 52 p.
19. Snedecor, George W. & Cochran, William G. Métodos Estadísticos Aplicados a la Investigación Agrícola y Biología. Traducido por: Angel Reynosa Fuller. México, Compañía Editorial Continental 1964. pp.391-462.

20. Thompson, Louis M. El Suelo y su Fertilidad; Propiedades Físicas, Biológicas y Químicas del Suelo en relación con su formación, clasificación y tratamientos desde el punto de vista de la Fertilidad. Traducido por Ricardo Clará Camprubi. 3a. ed. Barcelona, Reverte, 1966, 58-70 pp.

Vo. Bo.

Licda. SONIA LIDIA YAC GARCIA
Bibliotecaria

APENDICES

Apéndice 1

Condiciones ecológicas predominantes en el valle de La Fragua durante los meses de Oct. Nov. Dic. 1975 y Enero 1976. 1/

	Oct. 75	Nov. 75	Dic. 75	Enero 76
Evaporación a intemperie en mm.	197	181.2	189.3	197.8
Velocidad de viento en km/h.	7	7.5	9.1	9.9
Insolación total en h/mes	185.8	214.8	208.1	203.4
Humedad relativa media en %	74	74	72	72
Temperatura media en °C	25.8	24.5	24.1	22.8
Precipitación pluvial en mm.	66.8	22.1	0	0

1/ Datos recolectados de La Estación Metereológica "La Fragua" del Observatorio Nacional Metereológico.

Apéndice 2

1. Suelos:

1.1 Análisis Físico de tres tipos de suelo en los que se desarrolló la fase de campo de este trabajo.

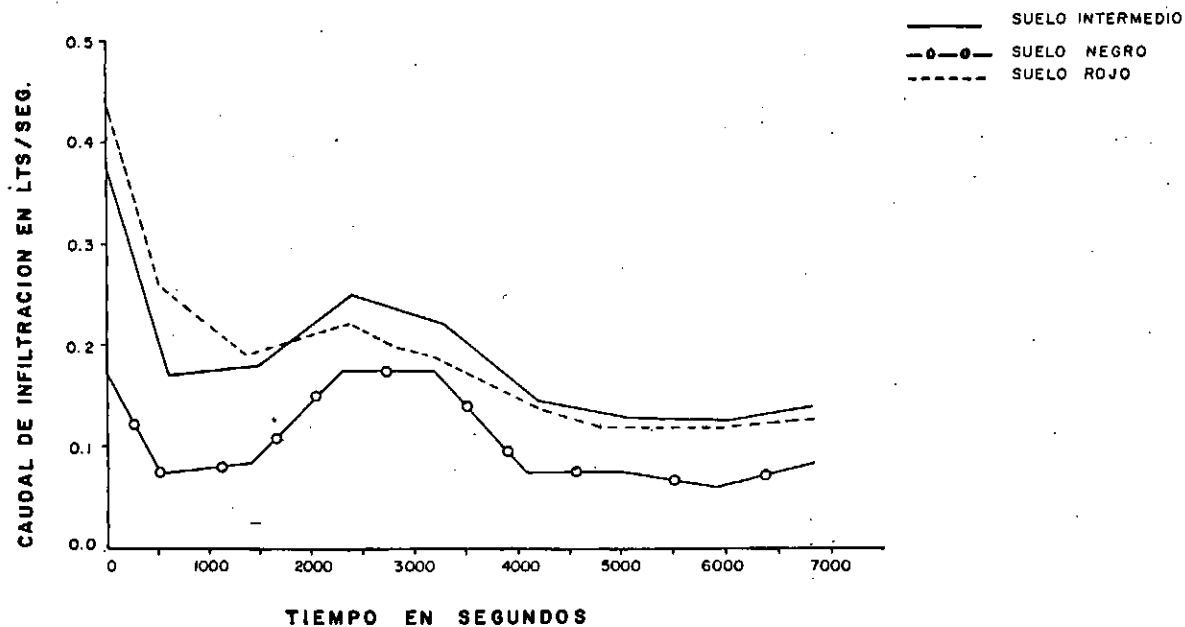
1.1.1 Textura:

Caracte rística	COLOR	NEGRO	INTERMEDIO	ROJO
Profun didad				
0 -- 30 cm.	Arcilla %	62.72	62.72	40.00
30 -- 60 "	" "	71.72	66.72	70.00
60 -- 90 "	" "	73.72	67.72	76.00
90 -- 120 "	" "	10.00	4.72	6.00
0 -- 30 "	Arcilla %	35.00	34.00	35.00
30 -- 60 "	" "	27.00	30.00	25.00
60 -- 90 "	" "	19.28	30.72	24.00
90 -- 120 "	" "	41.64	43.08	34.56
0 -- 30 "	Lim. %	4.28	3.28	25.00
30 -- 60 "	" "	1.28	3.28	5.00
60 -- 90 "	" "	7.00	1.56	- - -
90 -- 120 "	" "	48.36	52.20	59.44
RESUMEN				
Clase				
0 -- 90 cm.	Textural.	Arcilla	Arcilla	Arcilla
90 -- 120 "	" "	Fr. Lim.	Fr.	Fr. Lim.

Ar. = Arcilla, A.- Arena, Fr. = Franco, Lim. = Limo.

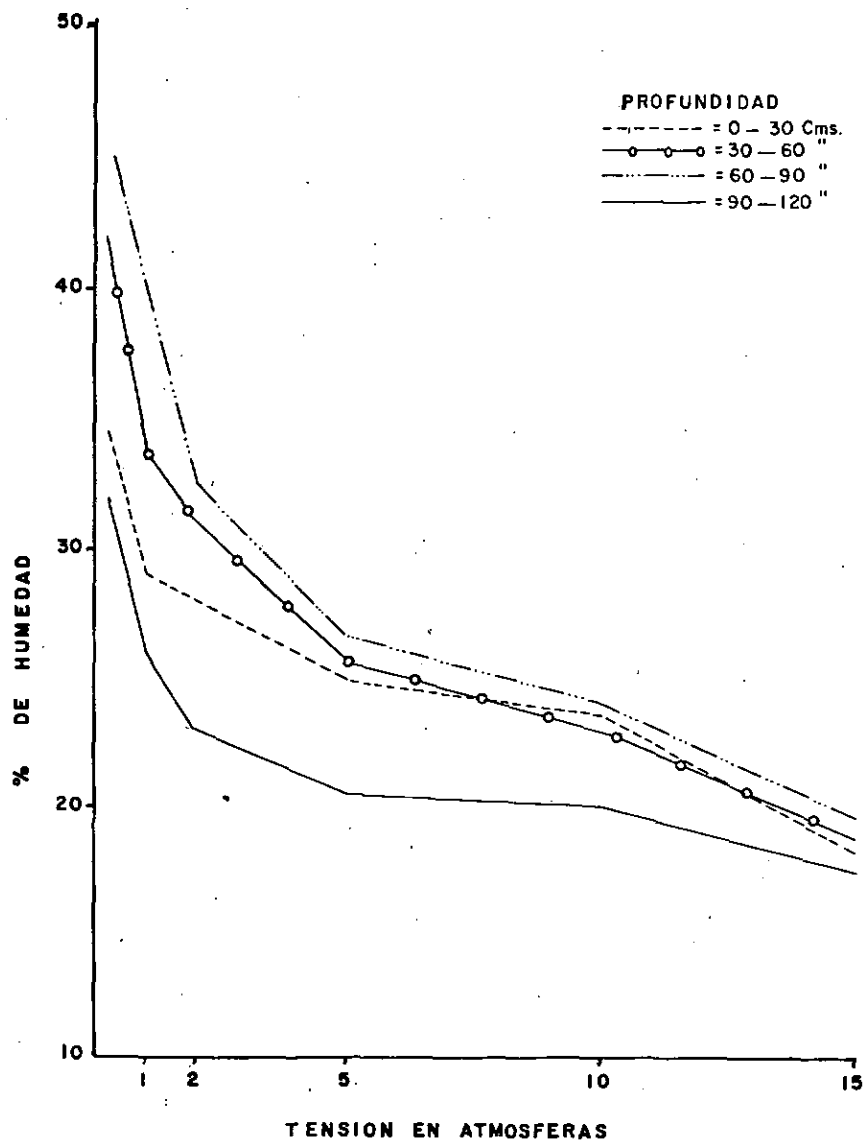
1.1.2 CURVAS DE INFILTRACION

DE LOS TRES TIPOS DE SUELOS PREDOMINANTES EN EL CAMPO
EN QUE SE DESARROLLA ESTE TRABAJO



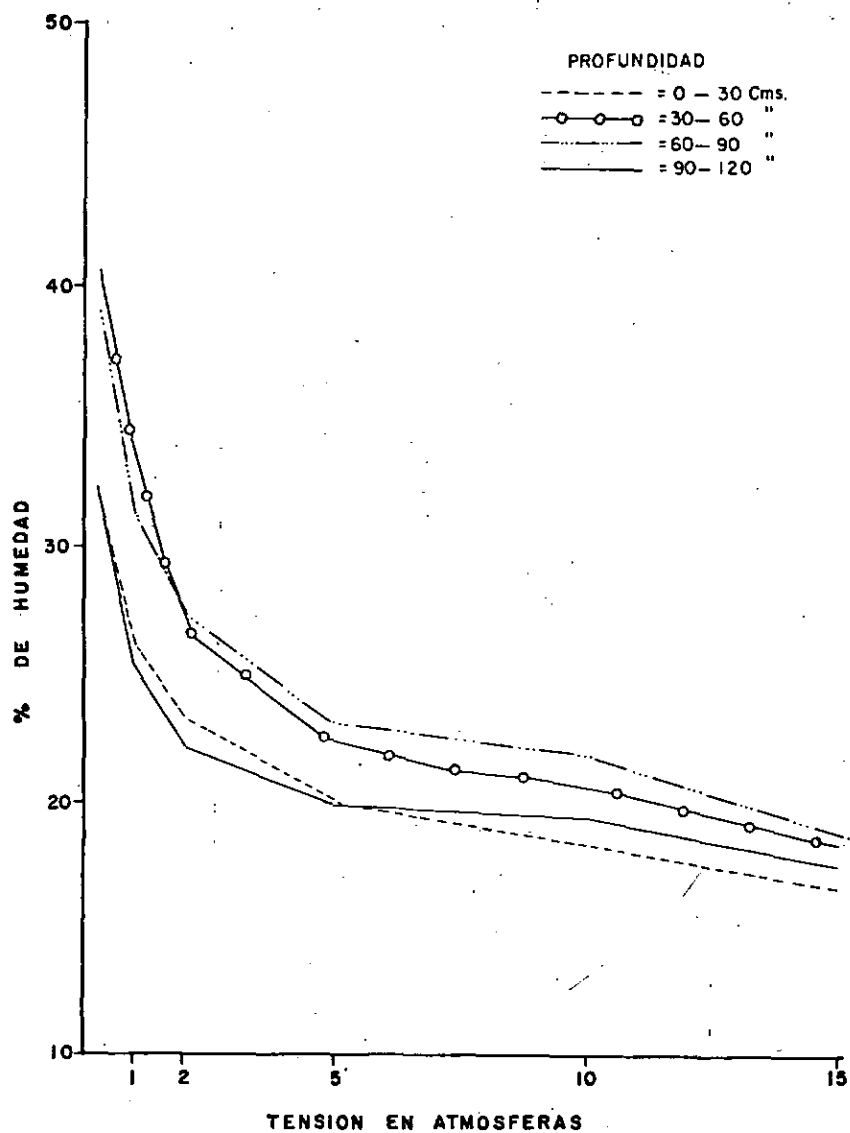
1.1.3 CURVAS DE RETENSION DE HUMEDAD

SUELO NEGRO



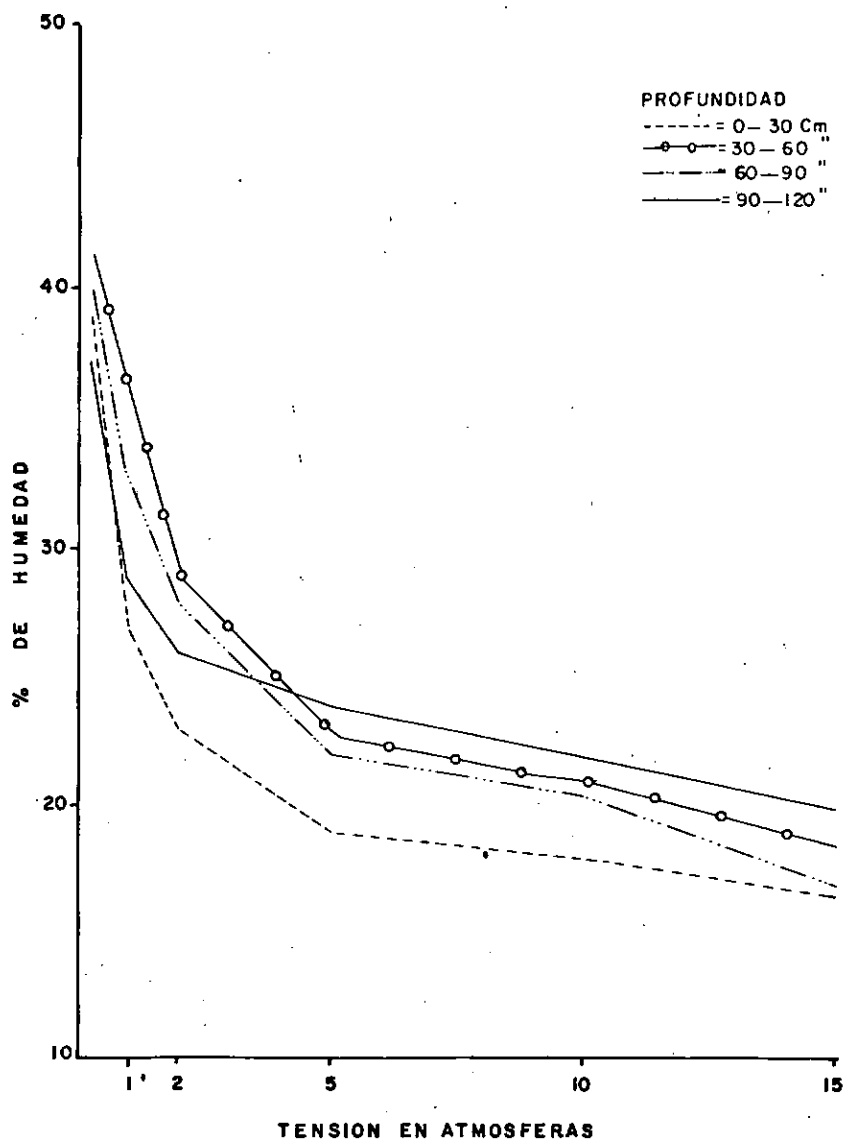
I.1.3 CURVAS DE RETENSION DE HUMEDAD

SUELO INTERMEDIO



I.1.3 CURVAS DE RETENSION DE HUMEDAD

SUELO ROJO



1.2 Análisis Químico de los Tres Tipos de Suelo en los
que se desarrolló la fase de campo de este trabajo.

Profundidad en cms.	Elemento	C o l o r		
		Negro	Intermedio	Rojo
0 --- 30	Nitrógeno total en ppm.	2.88	1.63	1.63
30 --- 60	" "	3.38	1.63	0.63
60 --- 90	" "	0.38	0.50	0.50
90 --- 120	" "	2.13	6.75	0.63
0 --- 30	Fósforo en - - microgrs/ml.	4.50	2.50	0.75
30 --- 60	" "	11.00	11.00	0.75
60 --- 90	" "	14.75	17.00	2.25
90 --- 120	" "	15.25	26.00	26.00
0 --- 30	Potasio en - microgrs/ml.	145.00	85.00	115.00
30 --- 60	" "	115.00	60.00	105.00
60 --- 90	" "	100.00	70.00	115.00
90 --- 120	" "	130.00	110.00	115.00
0 --- 30	Calcio en - - meq/100 ml suelo	19.80	19.40	18.80
30 --- 60	" "	20.00	19.40	14.60
60 --- 90	" "	17.80	17.40	14.40
90 --- 120	" "	11.20	13.20	12.60
0 --- 30	Magnesio en meq/ 100ml suelo.	2.90	3.30	6.00
30 --- 60	" "	2.60	3.30	6.30
60 --- 90	" "	2.60	3.20	5.80
90 --- 120	" "	2.00	3.30	5.00
0 --- 30	pH.	8.0	8.3	8.5
30 --- 60	"	8.6	8.8	8.5
60 --- 90	"	8.5	8.5	9.1
90 --- 120	"	8.4	8.4	8.8
Sodio intercam. en meq/100 grs.		9.56	4.36	5.64
Capacidad total de intercambio en meq/ 100 grs.		35.91	25.62	29.76
Conductividad eléc- trica en mmhos/cm a 25°C.		3150	1750	2000

2. Agua de Riego:

- 2.1 Análisis Físico: 1/ Filtrado y sedimentos del río Grande Zacapa. Fuente de abastecimiento del Distrito de Riego.

Características	M e s e s		
	Júlio/75	Oct./75	Nov./75
pH	7.92	7.62	7.61
Conductividad eléctrica (en $Ce \times 10^{-6}$ a $25^{\circ}C$)*	290	250	240
Sólidos en solución (en ppm)	203	178	248

* $Ce \times 10^{-6}$ A $25^{\circ}C$ = mmhs/cm. A $25^{\circ}C$

- 2.2 Análisis Químico: 2/

Suma de Cationes (en meq/lt.)	2.87	1.45	1.42
Suma de Aniones (en meq/lt)	3.16	2.54	1.82
Cationes en meq/lt. Ca.	1.99	0.61	0.59
Mg.	0.47	0.43	0.45
Na.	0.34	0.33	0.31
K	0.07	0.08	0.07
CO ₃	0.60	0.96	0.20
Aniones en meq/lt. HCO ₃	1.70	0.83	1.49
Cl	0.10	0.39	0.13
SO ₄	0.76	0.36	0.00
Sodio soluble en %	11.85	22.76	21.83
Relación de absorción de Sodio (Na.)	0.31	0.46	0.43
Na ₂ CO ₃ residual	0.00	0.75	0.25

1/ y 2/ Datos obtenidos por el laboratorio de suelos de la Unidad de Estudios y Proyectos (UEP) de la - Dirección General de Servicios Agrícolas. (DIGESA).

Apendice 3

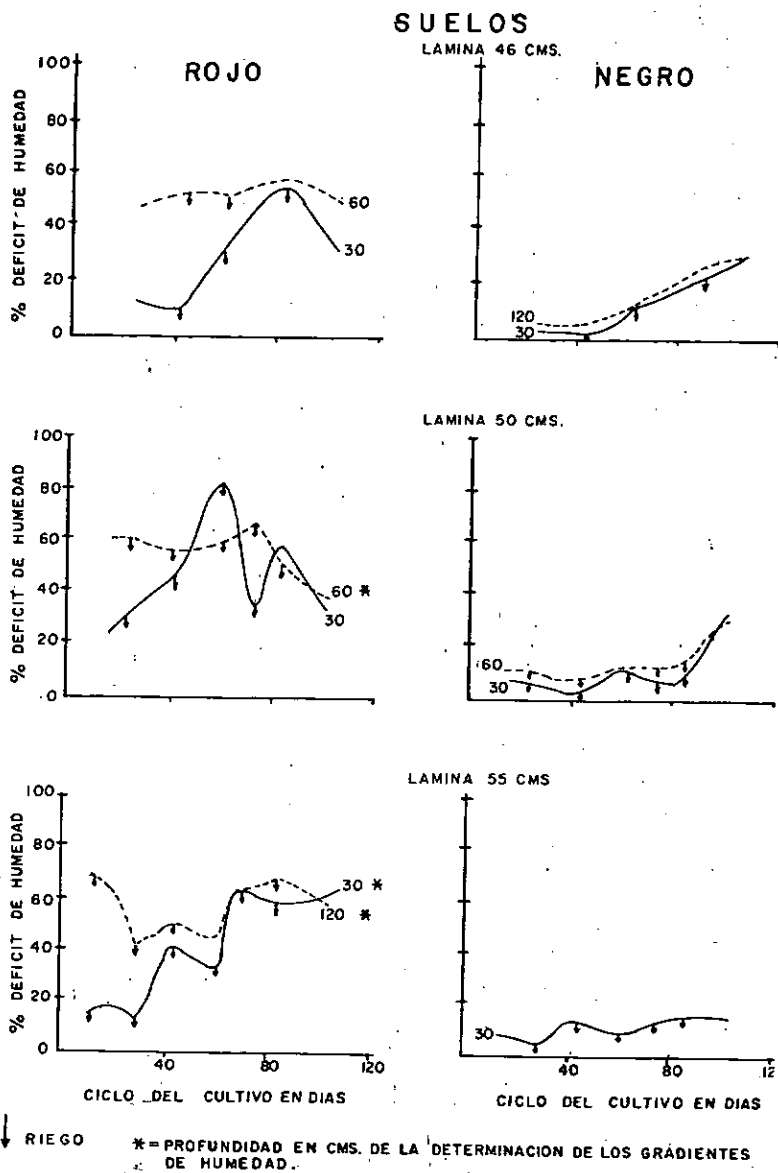
Tabla de Calibración de Medidores Parshalls de plastico y - -
Aforadores Trapezoidales de fibra de vidrio y angulo de 60° -
en el fondo.

*H (cms)	**Q (Lt./Seg.)	H	Q	H	Q
0.5	0.0012	4.1	0.181	8.1	0.960
0.6	0.0017	4.2	0.192	8.2	0.990
0.7	0.0024	4.3	0.204	8.3	1.019
0.8	0.0034	4.4	0.216	8.4	1.050
0.9	0.0044	4.5	0.228	8.5	1.082
1.0	0.0050	4.6	0.243	8.6	1.113
---	-----	4.7	0.264	8.7	1.142
---	-----	4.8	0.267	8.8	1.174
---	-----	4.9	0.280	8.9	1.208
---	-----	5.0	0.295	9.0	1.244
1.1	0.0075	5.1	0.309	9.1	1.280
1.2	0.0093	5.2	0.325	9.2	1.318
1.3	0.011	5.3	0.340	9.3	1.357
1.4	0.012	5.4	0.346	9.4	1.390
1.5	0.015	5.5	0.373	9.5	1.425
1.6	0.018	5.6	0.391	9.6	1.460
1.7	0.020	5.7	0.409	9.7	1.493
1.8	0.024	5.8	0.425	9.8	1.537
1.9	0.027	5.9	0.444	9.9	1.576
2.0	0.031	6.0	0.462	10.0	1.618
2.1	0.035	6.1	0.480	10.1	1.661
2.2	0.039	6.2	0.500	10.2	1.697
2.3	0.043	6.3	0.522	10.3	1.738
2.4	0.048	6.4	0.553	10.4	1.780
2.5	0.053	6.5	0.572	10.5	1.824
2.6	0.059	6.6	0.588	10.6	1.867
2.7	0.065	6.7	0.606	10.7	1.911
2.8	0.071	6.8	0.628	10.8	1.951
2.9	0.077	6.9	0.652	10.9	1.998
3.0	0.083	7.0	0.674	11.0	2.044
3.1	0.090	7.1	0.698	11.1	2.088
3.2	0.096	7.2	0.722	11.2	2.136
3.3	0.104	7.3	0.746	11.3	2.182
3.4	0.112	7.4	0.772	11.4	2.235
3.5	0.122	7.5	0.798	11.5	2.278
3.6	0.129	7.6	0.829	11.6	2.326
3.7	0.139	7.7	0.850	11.7	2.375
3.8	0.143	7.8	0.878	11.8	2.423
3.9	0.159	7.9	0.904	11.9	2.475
4.0	0.175	8.0	0.932	12.0	2.529

* H = Altura escala en aforador **Q = Caudal equivalente a altura.

Apendice 4.

GRAFICA DEL MOVIMIENTO DE LOS GRADIENTES PROMEDIO DE HUMEDAD EN LOS SUELOS ROJO Y NEGRO DE ACUERDO A LOS INTERVALOS DE RIEGO Y REQUERIMIENTOS DEL CULTIVO



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE AGRONOMIA

Ciudad Universitaria, Zona 12.

Apertado Postal No. 1545

GUATEMALA, CENTRO AMERICA

Referencia
Asunto

IMPRIMASE:
AÑO 1985
MAYO 1985

Ing. Agr. Rodolfo Estrada G.

Decano en Funciones

