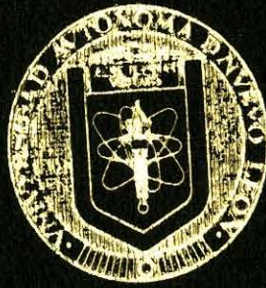


UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE AGRONOMIA



SISTEMA DE RIEGO POR SURCOS  
ALTERNOS EN EL CULTIVO DEL MAIZ

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO AGRONOMO FITOTECNISTA

PRESENTA

JORGE ZAVALA JIMENEZ

MARIN, N. L.

MARZO DE 1984

T

SB191

.M2

Z3

c.1

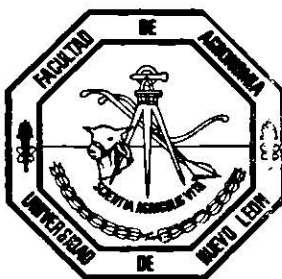


1080063819



UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE AGRONOMIA



SISTEMA DE RIEGO POR SURCOS ALTERNOS

EN EL CULTIVO DEL MAIZ

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO AGRONOMO FITOTECNISTA

PRESENTA

JORGE ZAVALA JIMENEZ

MARIN, N. L.

MARZO DE 1984



F. fasis

BURAI RAN EI

C

736 - 100

## DEDICATORIA

A mis Padres:

Sr. Rutilo Zavala Olivares

Sra. Josefina Jiménez de Zavala

Quienes con su amor y fe en mi hicieron  
posible la culminación de mi carrera.

A mis Hermanos:

Ma. Concepción Zavala Jiménez

Silvano Zavala Jiménez

Por el cariño y confianza que me han brindado siempre.

A mis Familiares:

Por el estímulo recibido de parte de ellos.

## AGRADECIMIENTO

A mis Asesores:

Ing. Benjamín S. Ibarra Ruiz

Ing. Carlos H. Sánchez Saucedo

Por el asesoramiento brindado para  
la realización de este trabajo.

A mis Compañeros y Amigos:

Por el estímulo de su amistad.

A todas aquellas personas que de  
alguna u otra forma ayudaron a la  
realización de este trabajo.



## INDICE

	PAGINA
INTRODUCCION .....	1
REVISION DE LITERATURA .....	3
- Características de las zonas áridas y semi-áridas - en México .....	3
- Grado de aridez en México .....	5
- El agua y la producción de cultivos .....	5
- Tensión hídrica en las plantas .....	7
- Tensión hídrica del suelo .....	8
- Respuesta de los cereales a la humedad del suelo ..	9
- Tensión hídrica en el cultivo del maíz .....	10
- Eficiencia del uso del agua en el cultivo del maíz.	14
- Eficiencia del riego .....	18
- Eficiencia de riego en surcos .....	24
- Trabajos de riego por surcos alternos .....	27
MATERIALES Y METODOS .....	39
RESULTADOS Y DISCUSION .....	52
CONCLUSIONES .....	67
RECOMENDACIONES .....	69
RESUMEN .....	70
BIBLIOGRAFIA .....	72
APENDICE .....	75

INDICE DE TABLAS

TABLA NO.		PAGINA
1	Rendimiento en Kg/ha. de maíz "Sistema de -- riego por surcos alternos en el cultivo del maíz". Primavera-verano Marín, N. L..	53
2	Análisis estadístico para rendimiento de gra no Kg/ha. "Sistema de riego por surcos alter nos en el cultivo del maíz". Primavera-vera no 1983, Marín, N. L. ....	53
3	Eficiencia del uso del agua en maíz Kg/m <sup>3</sup> . "Sistema de riego por surcos alternos en el cultivo del maíz". Primavera-verano 1983, - Marín, N. L. ....	55
4	Análisis estadístico para eficiencia del uso del agua en maíz. "Sistema de riego por sur cos alternos en el cultivo del maíz". Prima vera-verano 1983, Marín, N. L. ....	55
5	Altura de plantas en m. "Sistema de riego - por surcos alternos en el cultivo del maíz". Primavera-verano 1983, Marín, N. L. ....	57
6	Análisis estadístico para altura de plantas. "Sistema de riego por surcos alternos en el cultivo del maíz". Primavera-verano 1983, - Marín, N. L. ....	57
7	Porcentaje de materia seca producida. "Sis-	

	tema de riego por surcos alternos en el cultivo del maíz". Primavera-verano 1983, Marín, N. L. ....	60
8	Análisis estadístico para materia seca producida. "Sistema de riego por surcos alternos en el cultivo del maíz". Primavera-verano - 1983, Marín, N. L. ....	60
9	Altura a la mazorca en m. "Sistema de riego por surcos alternos en el cultivo del maíz". Primavera-verano 1983, Marín, N. L. ....	62
10	Análisis estadístico para altura a la mazorca. "Sistema de riego por surcos alternos en el cultivo del maíz". Primavera-verano 1983, Marín, N. L. ....	62
11	Volumenes aplicados en m <sup>3</sup> /Ha. "Sistema de riego por surcos alternos en el cultivo del maíz". Primavera-verano 1983, Marín, N. L..	64
12	Análisis estadístico para volumenes aplicados. "Sistema de riego por surcos alternos en el cultivo del maíz". Primavera-verano - 1983, Marín, N. L. ....	64
1	Propiedades fisico-quimicas en el lote experimental. "Sistema de riego por surcos alternos en el cultivo del maíz". Primavera-verano 1983, Marín, N. L. ....	76

TABLA NO.		PAGINA
2	Características químicas del agua de riego. "Sistema de riego por surcos alternos en el cultivo del maíz". Primavera-verano 1983, Marín, N. L. ....	77
3	Muestreo de humedad realizado el 30 de marzo de 1983. "Sistema de riego por surcos alternos en el cultivo del maíz". Primavera-verano 1983, Marín, N. L. ....	78
4	Muestreo de humedad realizado el 23 de abril de 1983. "Sistema de riego por surcos alternos en el cultivo del maíz". Primavera-verano 1983, Marín, N. L. ....	80
5	Muestreo de humedad realizado el 9 de mayo de 1983. "Sistema de riego por surcos alternos en el cultivo del maíz". Primavera-verano 1983, Marín, N. L. ....	81
6	Datos diarios de temperaturas, precipitación y evaporación. "Sistema de riego por surcos alternos en el cultivo del maíz". Primavera-verano 1983, Marín, N. L. ....	83

## INDICE DE CUADROS

CUADRO NO.		PAGINA
1	Cantidad de agua que requieren algunas plantas en kg. de agua para producir 1 kg. de materia seca. "Sistema de riego por surcos alternos en el cultivo del maíz". Primavera-verano 1983, Marín, N. L. ....	16
2	Valores de capacidad de campo (CC) y punto de marchitez permanente (PMP). "Sistema de riego por surcos alternos en el cultivo del maíz". Primavera-verano 1983, Marín, N. L. ....	42
3	Valores de densidad aparente (Da). "Sistema de riego por surcos alternos en el cultivo del maíz". Primavera-verano 1983, Marín, N. L. ....	43
4	Distribución de los tratamientos en el campo. "Sistema de riego por surcos alternos en el cultivo del maíz". Primavera-verano 1983, Marín, N. L. ....	44

## INDICE DE FIGURAS

FIGURA NO.		PAGINA
1	Esquema que muestra el procedimiento para la calibración de sifones. "Sistema de riego por surcos alternos en el cultivo del maíz". Primavera-verano 1983, Marín, N. L.	50
2	Curva carga-gasto para sifones de 2.54 cm. de diámetro. "Sistema de riego por surcos alternos en el cultivo del maíz". Primavera-verano 1983. Marín, N. L. ....	51

## INTRODUCCION

El constante aumento de la población, implica una marcada necesidad de elaborar técnicas o metodologías que permitan la optimización de los insumos agrícolas, y poder así incrementar la producción de alimentos. Por ello, es importante desarrollar trabajos que vayan encaminados al ahorro de agua de riego, sobre todo en las regiones áridas y semiáridas de nuestro país.

El maíz es la base de la alimentación mexicana y aproximadamente el 75% de la población nacional aprovecha de este cereal la mayor parte de las calorías contenidas en su alimentación. En lo referente al consumo per-cápita, el maíz ocupa el primer lugar, ya que la población lo consume cuatro veces más que en el caso del frijol, diez veces más respecto al trigo y cincuenta veces superior a la carne.

El maíz se cultiva en México en una superficie de siete millones de hectáreas bajo condiciones muy diversas, ya que existen extensas zonas semidesérticas, semihúmedas y un bajo porcentaje de zonas húmedas, por otra parte la topografía es otra limitante más, debido a todo esto es necesario que en las tierras donde el clima y la topografía son generosos se le brinden al cultivo todos los factores necesarios y en forma eficiente para que su desarrollo y producción sean los óptimos.

No obstante, se le puede brindar al cultivo una buena -- preparación de suelo, fertilización, control de plagas, enfermedades y malezas, pero sin duda el agua de riego es el fac-- tor que en el caso de faltar es el mayor limitante de la producción agrícola.

Debido a que en nuestro país el agua no es abundante - - existe la necesidad de elaborar técnicas y de efectuar investigaciones que tengan como objetivo utilizar el agua de riego de la manera más eficiente y adecuada.

Motivado por lo anterior, se realizó este experimento - - cuyo objetivo fué probar el sistema de riego por surcos altenos en el cultivo de maíz para tratar de desarrollar una metodología de uso del agua que haga más eficiente su aplicación en forma de riego.



## REVISION DE LITERATURA

Características de las zonas áridas y semi-áridas en México.

Actualmente más del 52% del territorio nacional está clasificado como árido y semi-árido; en estas zonas uno de los factores limitantes para la expansión de la agricultura es el adecuado manejo del suelo y agua, por lo que se requiere una utilización eficiente de la escasa agua disponible en estas áreas.

En la Republica Mexicana tenemos nueve zonas bien definidas que son: la Sonorense, la Chihuahuense, la Tamaulipeca, la Poblana, la Guerrerense, la Tehuantepeca, la Veracruzana, y la Yucateca.

Por lo general en estas zonas los suelos se caracterizan por su poca capacidad de retención de agua, poca materia orgánica y deficiencia de nutrientes, además por otro lado, las condiciones de baja precipitación, alta evaporación y relativamente pequeños lavados de suelo, tienden a favorecer la presencia de cantidades de calcio, fósforo y potasio y acaban -- causando la acumulación en exceso de sales solubles y por lo tanto la formación de suelos salinos.

Según Rzedowski en su clasificación existen tres tipos de vegetación en los climas secos:

a).- Bosque espinoso, cubre el 5% del territorio nacional, se

caracteriza por: ser un bosque abajo de 4.5 m. de altura y por ser arboles espinosos, los límites altitudinales son de 0 - 2000 m.s.n.m.

b).- Matorral xerofilo, cubre el 40% de la superficie nacional, éste tipo de vegetación reúne a las comunidades de portulacárbustivo su altura varía de 4 a 15 cm. aunque existen especies de más de 10 m. como lo es la yuca y los cactus, los límites altitudinales son de 0 - 3000 m.s.n.m.

c).- Pastizal, ocupa de un 10 a un 12% del territorio nacional y reúne a las comunidades de las gramíneas, son comunes en las zonas planas ó de topografía ligeramente ondulada y con menor frecuencia se encuentran sobre declives pronunciados. (24)

Aquí en Nuevo León según Rojas Garcidueñas (1957), de los 6.5 millones de hectáreas, el 52% con semi-áridas y áridas y el 28% son desérticas, lo que representan más de 5 millones de hectáreas.

Dadas estas circunstancias se consideran zonas semi-áridas aquellas en que las cosechas de cereales son de muy bajo rendimiento a causa de la deficiencia de humedad, y las zonas áridas son áreas en las que no ha sido posible obtener cosechas costeadas en ningún año.

Estas zonas son muy calientes en verano con temperatura media de 30°C o más.

Las precipitaciones se concentran en la época más caliente del año por lo cual hay poca efectividad de ésta, además se presenta en violentos aguaceros conveccionales, siendo de carácter local, ya que abarca áreas muy reducidas, los rangos de la precipitación promedio van de 200 - 400 mm. anuales. (10)

Grado de aridez en México.

Para la evaluación del grado de aridez se han utilizado diferentes índices de aridez, el índice de aridez de Emberger se utilizó para cartografiar el territorio nacional, considerando éste índice tenemos que México ocupa un 71.66% de zonas con clima seco de los cuales un 4.31% son zonas desérticas, 33.92% de zonas áridas y 33.43% de zonas semi-áridas. (24)

El agua y la producción de cultivos.

Los efectos de la falta de agua en la fisiología de la planta son numerosos y tienen que ver prácticamente con todos los aspectos de su vida, esto no es de extrañar puesto que la célula para funcionar correctamente debe estar hidratada. (3)

Aunque el alargamiento del tallo y la hoja es controlado o detenido rápidamente por déficits de agua, en la ecología de las plantas cultivadas tiene importancia fundamental todos los tipos de humedad existentes, como las precipitaciones y su efectividad, se debe considerar la adaptación de la planta

a condiciones de distinta humedad del suelo, transpiración, - evaporación, uso del agua, etc. Podemos concluir diciendo -- que la razón para estudiar el régimen hídrico de las plantas, es que de hecho su vida depende del agua. (24)

Las plantas no soportan bien la falta de agua ni el exceso de ella. El exceso en el suelo determina la falta de aereación que interfiere con la respiración de la raíz. Los máximos rendimientos se tendrán manteniendo la humedad óptima en el suelo. Es claro que esto es poco práctico, pero debe preferirse dar riegos ligeros a menudo que riegos pesados separados, pues con este sistema, la planta sufre dos períodos en - que sus funciones son interferidas, cuando el suelo esta casi seco días antes del riego y cuando está a saturación, días -- después del riego. (4)

El mantenimiento de la humedad del suelo es el problema más apremiante en la agricultura. Cantidades excesivas de -- agua en en suelo alteran varios procesos químicos y biológi-- cos limitando la cantidad de oxígeno y aumentando la forma- - ción de compuestos que son tóxicos para las raíces de las - - plantas. La causa de la aereación inadecuada del suelo puede ser un drenaje vertical deficiente tanto como excesiva canti- dad de lluvia o de riego.

La mayoría de las plantas tienen un grado mayor de efi-- ciencia en la toma del agua si el nivel de humedad es alto.

Al bajar este nivel, la tensión de humedad del suelo aumenta y llega el momento en que la planta comienza a marchitarse y el crecimiento se retarda o cesa por completo. Cuando se restablece el nivel de humedad por medio del riego, hay algunos cultivos que si sufren daños permanentes y si el nivel se aproxima a llegar a punto de marchitez, el fracaso de la cosecha es muy probable. Aún cuando el cultivo se recupere sin sufrir daños apreciables, el tiempo perdido en el desarrollo afecta los rendimientos.

Los suelos que tienen poca humedad retienen tan tenazmente la que les queda, que las plantas deben efectuar un consumo extraordinario de energía para obtener el agua que necesitan. Si la velocidad de absorción no es lo suficientemente elevada como para mantener la turgencia de los tejidos, se produce una marchitez permanente. Se piensa que las plantas crecen mejor entre dos humedades extremas y a ese contenido se le llama "grado óptimo de humedad". (27)

En la actualidad, se acepta que al reducirse el contenido de humedad en el suelo, el agua se vuelve cada vez menos disponible para las plantas y hay una reducción regular del crecimiento al reducirse el potencial hídrico del suelo. (17)

Tensión hídrica en las plantas.

La tensión hídrica o déficit hídrico de las plantas es uno de los conceptos más utilizados actualmente para cuantifi

car los efectos del factor agua en los cultivos. La tensión hídrica se define como la pérdida de agua por transpiración - y absorción inadecuada y puede ir desde pequeños descensos -- del potencial hídrico, pasando por el marchitamiento transitorio a medio día, que a menudo se observa en tiempos calurosos y soleados del verano, hasta el marchitamiento permanente y la muerte por desecación. (15)

El déficit hídrico reduce el crecimiento de las plantas al modificar los procesos fisiológicos y las condiciones que controlan al crecimiento y se caracteriza por una reducción - del contenido hídrico, del potencial osmótico y del potencial hídrico total, acompañados por las pérdidas de turgencia, el cierre de los estomas y la reducción del crecimiento, de ser muy grave, la tensión hídrica tiene por resultado una reduc-- ción drástica de la fotosíntesis y perturbación de otros mu-- chos procesos fisiológicos, cese del crecimiento y finalmente la muerte por desecación. (26)

Tensión hídrica del suelo.

Tensión hídrica del agua en el suelo, es la unión entre la tensión superficial, que es la fuerza de cohesión de moléculas del agua, y la fuerza de absorción que son las que ejercen las moléculas del suelo para retener a las moléculas de - agua, la tensión existente en el suelo se ve modificada por di<sup>versos</sup> factores como son; el contenido de sales, textura, tem<sup>peratura</sup>, así como también el contenido de humedad del suelo.

La tensión superficial es la fuerza de cohesión de moléculas del agua.

La fuerza de absorción es la que ejercen las moléculas del suelo al retener a las moléculas de agua, al haber mayor humedad, la fuerza de adhesión disminuye en cambio al haber poca humedad la fuerza tiende a aumentar hasta cierto punto.

Si en el suelo donde se desarrollan las plantas existen sales; estas provocan una presión osmótica que junto con las de tensión de superficie y absorción se denominan "esfuerzo de humedad del suelo", y la relación que las define es la siguiente:

$$EHS = T + PO$$

donde:

EHS : Esfuerzo de humedad del suelo. (Atm.)

T : Tensión de humedad del suelo. (Atm.)

PO : Presión osmótica. (Atm.) (4)

Respuesta de los cereales a la humedad del suelo.

Salter y Goode (1967), resumen la respuesta de los cereales a la falta de agua en las siguientes conclusiones:

- a).- Muestran una marcada sensibilidad a la falta de agua durante la formación de los órganos reproductivos y durante la floración.
- b).- Déficit de agua durante los periodos indicados reducen grandemente los rendimientos de grano.

- c).- Los tejidos de los órganos reproductivos demuestran ser susceptibles a daños por falta de agua. Debido a eso -- la formación de pólen y la fecundación pueden ser seriamente afectados bajo condiciones de sequía.
- d).- El periodo crítico a menudo coincide con la demanda máxima de transpiración.
- e).- El riego tiene un máximo efecto benéfico sobre los rendimientos cuando se aplica durante el desarrollo de los -- órganos florales.
- f).- El crecimiento de las raíces de muchos cultivos se reduce o detiene en la floración. Al reducirse la actividad radicular, puede haber una reducción considerable en la absorción de agua por la planta, a menos que el suelo -- tenga una alta conductividad capilar que permita el movimiento del agua hacia la superficie radical. (17)

#### Tensión hídrica en el cultivo del maíz.

Por lo que respecta al cultivo, su requerimiento de hu--medad está influenciado por el período vegetativo, la superfucie de transpiración que presentan las hojas, el desarrollo -- radicular y en general los diferentes factores fisiológicos y morfológicos que varían con el tipo de planta y de los que deupenden la transpiración y la absorción del agua. Se ha visto que varios cultivos se desarrollan mejor y dan mejores cose--chas cuando en ciertas épocas se permite una disminución considerable en el nivel de humedad aprovechable.



Singleton (1964) citado por Palacios, encontró que regando el maíz durante todo el ciclo, hasta que la humedad alcanzara un nivel tal, que el esfuerzo de humedad del suelo llegara a 9 atmósferas, obtenía rendimientos de 6.7 ton./ha.; en cambio, obtuvo 8.25 ton./ha., cuando en la época de espigamiento y jiloteo, mantuvo el esfuerzo de humedad del suelo en valores menores de 0.4 atmósferas. (21)

Fernandez y Laird, encontraron que el ciclo del maíz puede dividirse en tres partes que son: el primero de la siembra al espigamiento; el segundo del espigamiento a la maduración y el tercero, de la maduración a la cosecha, encontrándose -- que la época más difícil desde el punto de vista de requerimiento de humedad del suelo es la segunda.

En el mismo trabajo encontraron que durante la primera parte de su desarrollo, puede dejarse subir el esfuerzo de humedad del suelo hasta 10 atmósferas; durante la segunda o sea la más sensible solo hasta 6 atmósferas. A mayores esfuerzos de tensión se tienen disminuciones en el rendimiento y por último en la tercera etapa son permisibles, esfuerzos hasta de 8 atmósferas. (9)

Denmead y Shaw, llegaron a la conclusión que la transpiración y el crecimiento del maíz se encontraban limitados por el contenido hídrico del suelo en un nivel más alto en días -

de sol con mucha transpiración que en días nublados en que -- los coeficientes de transpiración eran bajos. (7)

Larqué et-al (1968) citado por Marinato, trabajando con maíz tolerante a bajos niveles de humedad en el suelo, concluyeron que las principales alteraciones cuando baja la humedad del suelo son: incremento de azúcares reductores indirectos y disminución del almidón y azúcares reductores directos en los tallos; en las hojas se observa aumento en azúcares reductores directos pero no hay alteración respecto al almidón y azúcares reductores indirectos. (17)

Denmead y Shaw, encontraron que el algodón deja caer sus cápsulas debido a la tensión hídrica y que tensiones hídricas en el momento en que el maíz hecha inflorescencias y pelusa, puede reducir drásticamente los rendimientos.

Como se puede ver, la tensión hídrica produce efectos diferentes en distintas etapas del ciclo de crecimiento. (6)

Se afirma que cuando hay déficit de agua al comienzo del período vegetativo, se produce un mayor efecto en los rendimientos que si el déficit de agua se produce al final del período vegetativo.

También se ha observado que los rendimientos de grano en cebada fueron reducidos notoriamente cuando el déficit se pr\_

vocó entre el estado de formación de grano hasta madurez. (18)

Robins y Domingo (1972) citado por Marinato, en trabajos realizados en condiciones de campo con maíz, encontraron que déficit severos de agua por períodos de 1 a 2 días durante -- la polinización, reducía los rendimientos en 22%. Cuando el período de déficit se extendió a 8 días la reducción de rendimiento fue de 50%. Después de la madurez, la disminución del agua aprovechable no tenía efecto en los rendimientos. (17)

También para maíz, Denmead y Shaw concluyeron que el rendimiento de grano fue la característica de la planta más afectada por los déficits de agua en todos los períodos fenológicos. (6)

Un déficit prolongado de humedad no solo causa un retraso en la aparición de la floración femenina en plantas de -- maíz, sino también una considerable reducción en rendimiento de grano, como consecuencia del aborto del saco embrionario -- durante el déficit de humedad. (23)

Miller, trabajando en la Universidad de Pittsburg, U.S. encontró que el marchitamiento de las plantas por la sequía -- se debe a que la planta pierde por evapotranspiración mayor -- cantidad de agua que la que absorbe del suelo, y calculó que una planta de maíz transpira 188 kg. de agua por ciclo. (18)

Eficiencia del uso del agua en el cultivo del maíz.

Las investigaciones demuestran que la cantidad total de agua utilizada por un cultivo de alto rendimiento es apenas superior a la empleada cuando el rendimiento es bajo. En otras palabras, cuando se ajustan las prácticas culturales (control de malezas, variedades, densidad de población), se producen más kilogramos de cereal con una cantidad determinada de agua.

Una elevada fertilidad resulta esencial para aumentar el rendimiento del agua. En 33 experimentos realizados en Nebraska, el maíz bien fertilizado y bajo riego, para producir 7300 kg./ha. utilizó solo 25 mm. más de agua que el maíz que produjo 5000 kg./ha., pero con menor dosis de fertilizante.

En condiciones de baja fertilidad, cada 25 mm. de agua produjeron 330 kg. de maíz por ha.; con alta fertilidad, la misma cantidad de agua produjo 470 kg., observándose una ganancia del 43% en la eficiencia del uso del agua.

El maíz bien fertilizado no sólo utiliza el agua más eficientemente, sino que también absorbe mayor cantidad debido a a) raíces más profundas, si existen reservas de agua en el subsuelo y b) una capacidad ligeramente mayor de las raíces para extraer agua de los poros pequeños y de las delgadas películas de agua que rodean a las partículas de suelo. Sin embargo, si el subsuelo no ha sido recargado de humedad durante

el otoño, invierno y primavera, las raíces especialmente profundas carecen de utilidad. Esto fué demostrado por investigaciones realizadas en Missouri, en las que la alta fertilidad incrementó el rendimiento del maíz en 3800 kg/ha., durante el primero de dos años de sequía. En el segundo, ya consumida la humedad del subsuelo, la alta fertilidad tuvo un efecto mucho menor.

Una provisión adecuada de potasio resulta especialmente importante para que las plantas utilicen el agua eficientemente. El potasio ayuda a mantener casi cerrados los poros de las hojas (estomas), a través de los cuales se pierde el agua por transpiración. (2)

El maíz consume agua moderadamente, debido a su enorme producción, los requisitos de una cosecha plena son bastante grandes, no obstante el maíz tiene la cualidad de graduar su desarrollo y, por consiguiente, su producción, de acuerdo con el agua que tenga a su disposición. Esto explica la gran diversidad de suelos y condiciones de humedad en que se puede cultivar éste magnífico grano.

La alfalfa consume mayor cantidad de agua, pero como sus raíces penetran profundamente puede aprovechar agua del subsuelo y desarrollarse muy bien en terrenos comparativamente secos. Para obtener  $\frac{1}{2}$  kg. de heno de alfalfa se requieren 371 kg. de agua.

Cuadro 1. Cantidad de agua que requieren algunas plantas en kg. de agua para producir 1 kg. de materia seca.

Cultivo	kg. de agua	Cultivo	Kg. de agua
Cebada	391	Mijo	281
Trigo sarraceno	490	Avena	630
Maíz	161	Arroz	540
Algodón	590	Centeno	630
Lino	811	Trigo	450

Como se observa en los datos anteriores los requerimientos de agua por los cultivos son bastante elevados para llegar a producir 1 kg. de materia seca, en éste caso el cultivo de menor requerimiento es el maíz, ésto no deja de tener importancia para minimizar el uso del agua mediante la calendarización de riegos o regar a diferentes niveles de abatimientos de humedad. (25)

Según Slatyer (1964) citado por Marinato, define la eficiencia del uso del agua en términos de unidades de agua utilizada por unidad de materia seca producida y dice que la eficiencia en el uso del agua varía de 200 a 500 unidades de agua para cultivos de alto rendimiento a 2000 o más para las áreas de vegetación poco densa en terrenos áridos. En general, una alta producción de materia seca implica una alta eficiencia en el uso del agua, debido a que los incrementos de

producción de materia seca son más rápidos que la pérdida de agua. En consecuencia la eficiencia en el uso del agua se incrementa determinando altos rendimientos en aquellas variedades con sistemas radiculares profundos, bajo densidades óptimas de población y fertilización adecuada. Se ha calculado que en condiciones normales, una planta de maíz absorbe durante su ciclo vegetativo alrededor de 300 litros de agua, de los que utiliza en procesos metabólicos solo un 2% aproximadamente y el resto lo transpira. (3)

Haynes (1948) citado por Salinas, en un estudio sobre maíz en invernadero, se encontró con que las macetas que se regaban cuando el contenido de humedad del suelo llegaba cerca del punto de marchitamiento permanente, se producían 11.8 gr. de materia seca, en tanto que en las que se aplicaba agua para mantener la tensión de la humedad del suelo por debajo de 1 atmósfera rendían 24 gr., cuando se mantenía la capa freática a 15 cm. de la superficie, la tensión de la humedad no pasaba de 0.01 atmósfera y el rendimiento era de 34 gr.

(26)

En California E.U., resultados obtenidos indican que la eficiencia del uso del agua es menor no sólo en periodos excesivamente calientes del verano, sino también durante el tiempo demasiado frío para permitir buen crecimiento, al igual que en las tierras fértiles el uso del agua por el cultivo es más eficiente que en suelos estériles. (3)

Viets (1962), presento un estudio de los problemas implicados en la producción de una eficiencia incrementada del uso del agua. Señala que la eficiencia máxima del uso del agua - no siempre es práctica porque exige la producción del rendimiento más grande que se pueda, lo cual a veces no resulta -- provechoso. Por ejemplo, el rendimiento puede aumentar al aumentar la frecuencia de riego, pero el rendimiento por unidad de agua aplicada puede reducirse con altos coeficientes de -- irrigación. (17)

Al parecer el método más prometedor para obtener una eficiencia mayor del uso del agua no consiste en reducir el uso del agua sino en fomentar la producción de materia seca. (20)

#### Eficiencia del riego.

El conocimiento de la eficiencia del uso del agua de riego, es un elemento indispensable en el diseño de cualquier -- sistema de riego y muy a menudo sucede que dicho valor es tomado arbitrariamente debido a su desconocimiento. Lo anterior conduce a que se presenten problemas tales como la carencia o exceso de agua en el desarrollo de un cultivo, con la -- consecuente disminución en su cosecha.

El concepto de eficiencia en el uso del agua de riego se puede dividir a nivel general o de Distrito, como la relación existente entre el déficit de precipitación pluvial (dll) du-



rante el desarrollo del cultivo y el agua derivada de la fuente de abastecimiento ( $V_t$ ).

$$ED = d_{ll}/V_t \times 100$$

El déficit de precipitación pluvial ( $d_{ll}$ ), es igual al uso consuntivo o evapotranspiración cultivo menos la lluvia efectiva caída en la parcela.

El concepto de eficiencia de conducción del agua, se puede definir como la relación que existe entre el agua entregada en el terreno y el agua derivada de la fuente de abastecimiento con este fin, es decir:

$$E_c = A_p/A_d \times 100$$

donde:

$E_c$  = Eficiencia de conducción

$A_p$  = Agua que llega al terreno

$A_d$  = Agua derivada para el riego

Esta eficiencia puede ser de cerca del 100% cuando la conducción se efectúa por medio de tuberías como en el caso del riego por aspersión, hasta de un 10 ó un 20% cuando el riego se efectúa por canales en mal estado y construidos sobre terrenos muy ligeros, incluso se da el caso de eficiencia del 0% cuando el agua derivada no llega al terreno debido a las fugas. La eficiencia de conducción tiene su principal aplicación en la elaboración de planes de riego. (14)

Eficiencia de aplicación. La eficiencia de aplicación (Ea) del agua en la parcela se define como la relación existente entre el volumen de agua almacenado en la zona radicular (Vs) y el volumen de agua aplicado en la parcela (Vp).

$$Ea = Vs/Vp \times 100$$

Eficiencia de almacenamiento. La eficiencia de almacenamiento (Es) del agua en el suelo, es la relación existente entre el volumen de agua almacenado (Vs) en la zona radicular por efecto del riego y el volumen de agua calculado (Vc) para reponer la humedad del suelo hasta su capacidad de campo.

$$Es = Vs/Vc \times 100$$

Israelsen y Hansen, mencionan que el área comprendida -- por los márgenes del Rio Grande Valle de Texas, se ha logrado duplicar y triplicar la producción respectivamente con solo -- mejorar la eficiencia de almacenamiento del agua en el suelo.

Eficiencia de Distribución. La eficiencia de distribu-- ción del agua en el suelo (Ed) se considera importante debido a que la uniformidad del crecimiento de un cultivo depende en gran medida del valor que asuma ésta. La eficiencia de dis-- tribución se define mediante la siguiente ecuación:

$$Ed = ( 1 - \frac{dm}{\bar{x}} ) \times 100$$

donde:

dm = Desviación media de las láminas de riego ob --

servadas en cada uno de los puntos muestreados a lo largo de los surcos o melgas.

$\bar{x}$  = Lámina de riego media observada.

Factores que afectan a la eficiencia de conducción:

- a).- Características de los canales de distribución. Si estos están revestidos, proporcionarán máxima eficiencia siempre y cuando el canal esté bien conservado, por otra parte si la longitud del canal es grande y los gastos conducidos son bajos, se tendrá a obtener bajas eficiencias de conducción.
- b).- Superficie o zona regable. Si la superficie de riego es grande, mayor número de regaderas requerirá y por lo tanto, las pérdidas de agua serán mayores.
- c).- El tipo de riego. Si el riego es intermitente como sucede en la mayoría de los cultivos, las pérdidas serán mayores.
- d).- Personal técnico. Si se carece de personal capacitado en las maniobras operativas, disminuirá la eficiencia.

Factores que afectan a la eficiencia de aplicación del agua en la parcela.

- a).- Gasto de agua utilizado. Al utilizar gastos grandes la velocidad de avance del agua sobre el terreno cobra mayor importancia que la velocidad de penetración en el suelo y sucede lo contrario cuando se manejan gastos pequeños.

- b).- Longitud de la parcela. A longitudes de riego largas, - puede ocurrir que la lámina de riego proyectada no se -- aplique al final de la parcela y viceversa.
- c).- Velocidad de Infiltración del agua en el suelo. A mayor velocidad de infiltración d lo, mayores pérdidas -- por percolación se producir
- d).- Pendiente del terreno. A mayores pendientes se tendrán mayores pérdidas por escurrimiento al final de los sur--cos o melgas.
- e).- Rugosidad del suelo y vegetación. Este repercute en la velocidad de avance del agua sobre el terreno.
- f).- Forma del canal (surco o melga). Este factor influye en el área expuesta a infiltración.
- g).- Lámina de riego. Proporciona flexibilidad para utilizar mayores o menores longitudes de riego.

El factor principal que afecta a la eficiencia de almaceenamiento de agua es la capacidad de retención de agua por el suelo.

Los factores que influyen en la eficiencia de distribu--ción son:

- a).- La velocidad de avance del agua sobre la superficie del suelo.
- b).- La velocidad de penetración del agua en en suelo.

Las pérdidas de agua en un sistema de riego pueden ser -  
las siguientes:

- 1.- Infiltración en los vasos de almacenamiento
- 2.- Evaporación de los vasos
- 3.- Infiltración en los canales
- 4.- Evaporación en los canales
- 5.- Fugas en los canales
- 6.- Infiltración en el sistema de distribución del usuario
- 7.- Evaporación en el sistema de distribución del usuario
- 8.- Fugas en el sistema de distribución del usuario
- 9.- Percolación en la aplicación
- 10.- Escurrimiento superficial en la aplicación

Las pérdidas totales en el sistema son:

$$P = V_u - V_{uc}$$

donde:

$P$  = Volumen de pérdidas totales

$V_u$  = Volumen utilizado (Vol. derivado + volumen de  
lluvia efectiva)

$V_{uc}$  = Volumen de uso consuntivo

Estas pérdidas totales se dividen en dos grandes grupos que son las pérdidas por conducción y las pérdidas debidas al sobre riego del usuario.

La eficiencia en la conducción puede servir de índice --

para calificar un sistema. Hasta cierto punto permite conocer la bondad de su operación; por comparación entre las eficiencias obtenidas de diferentes ciclos agrícolas, se puede saber si se ha mejorado ésta.

La eficiencia en la aplicación indica cómo maneja el agua el agricultor. También por comparación entre las eficiencias obtenidas en varios ciclos agrícolas, se puede saber si se han mejorado los métodos de riego y si se han aplicado láminas adecuadas. (4)

Eficiencia de riego en surcos.

El riego por surcos es un método donde sólo una parte del suelo recibe directamente el agua. El resto se humedece por infiltración lateral. (21)

Tiene como finalidad una aplicación correcta del agua de riego en lo que respecta a su cantidad y uniformidad en la distribución, así como limitar la erosión y encauzar el sobrante de agua superficial para drenarla fácilmente.

Las pendientes más adecuadas para el riego por surcos son entre 0.1 a 1.0%, su separación y anchura, dependen del tipo de cultivo y el suelo, del patrón de mojado y de la forma; generalmente se hacen dos tipos de surcos respecto a la forma, que son: en V y en U, con el primer tipo se logra una

menor filtración y menor compactación; con el segundo al contrario tanto la infiltración como la compactación son mayores. (22)

En un surco el agua circula por él, como consecuencia de la pendiente, hasta alcanzar el otro extremo más bajo, por consiguiente el agua no queda repartida con uniformidad, como ocurre con la lluvia, y se filtrará a lo largo del surco durante todo el recorrido; consecuentemente, si al final de éste ha de quedar la tierra empapada hasta su capacidad de retención, será a expensas de que a la entrada sea superada dicha capacidad y se pierda por percolación un elevado caudal; las pérdidas por éste motivo serán tanto mayores cuanto mayor sea la permeabilidad y, por tanto, en los terrenos arenosos se perderá más agua que en los arcillosos.

Aún hay otra causa de pérdidas: el agua no se detendrá al final del surco y habrá pérdidas por escorrentia que, al contrario que en el caso anterior, será más elevada en los terrenos arcillosos que en los arenosos.

Ambas causas de pérdidas se traducen en que sólo una parte del agua utilizada en el riego será útil, mientras el resto se pierde, denominándose eficiencia de riego al tanto por ciento de agua útil en relación al total empleado. Se deduce de lo expuesto que la eficiencia del riego depende especial--

mente de la permeabilidad del terreno y del sistema de riego elegido, pero también influyen el módulo de riego utilizado y la superficie que con él haya de regarse, la pendiente, el estado de la vegetación y hasta la habilidad del regador.

En general la eficiencia de riego por los sistemas de -- gravedad oscila entre el 60 y el 75%. (8)

#### Ventajas del riego por surcos:

- Es el método de superficie que mejor se adapta para los cultivos en línea (maíz, algodón, sorgo, etc.)
- Como el terreno permanece prácticamente seco en la parte alta de los surcos, el riego no interrumpe otros trabajos que sea preciso dar.
- Las plantas de porte rastrero no se mojan, lo que evita enfermedades
- Si se emplean caudales débiles por surco el peligro de erosión es nulo.
- Permite usar gastos mínimos de sistematización y aún de implantación de regadío.
- No comprime el terreno y no forma costra que dificulte la ulterior penetración del agua o la necesidad de las siembras.
- Es el sistema de superficie que permite una mejor dosificación de la penetración de la humedad en el terreno.
- Se adapta muy bien al uso de dichas tuberías perforadas portátiles, como sifones, o bien tuberías con un número mayor o menor de orificios.



#### Desventajas del riego por surcos:

- Es preciso capacitar al personal para acostumbrarlo a regar así.
- Hay que hacer un estudio en el campo para dar dimensiones adecuadas al caudal y a la longitud del surco.
- Exige más mano de obra que otros métodos de superficie (melgas, curvas a nivel).
- El riego es lento.
- La concentración de sales en los lomos es uno de sus mayores inconvenientes si se emplean aguas de mala calidad.
- El estorbo que suponen para las labores cruzadas. (4)

#### Trabajos de riego por surcos alternos.

El riego por surcos alternos ha sido estudiado recientemente en Europa por los ingenieros Uncianschi, Renea y Botzan para dar riegos de  $500\text{m}^3/\text{ha}$ . a las vegas de la llanura del Danubio, el suelo se aloma como para irrigar por grandes surcos se aplica el agua alternativamente en una de cada dos filas consecutivas, regando la vez siguiente por las que antes quedaron secas. Este sistema de riego solo está indicado para vegetación desarrollada con raíces bastante o muy penetrantes por lo que se recomienda para frutales, maíz, remolacha, sorgo, algodón, etc. En América ha dado muy buen resultado, incluso con patatas en tierras francas, sin que se aprecien diferencias significativas en los rendimientos.

En los ensayos hechos en Rumania no se aprecia reducción significativa en la producción, sobre todo en vegas arcillo--sas y si, en cambio, un ahorro muy grande de agua y de mano - de obra. Estudios publicados por Grimes, Walhood y Dickens - en 1968, sobre algodón en el valle de San Joaquín California fueron realizados en suelos francoarenosos. Las conclusiones a las que llegaron son:

- 1.- La producción de fibra es igual, o mejor, regando por surcos alternos;
- 2.- De ésta manera se gastó mucho menos agua,
- 3.- Como en ningun momento está húmeda toda la tierra hasta - su capacidad de campo, hay que tener el máximo cuidado y no - demorar los riegos, de manera que en las partes de cada vez - quedan en seco la tensión de la humedad no sea nunca excesiva.

(13)

Con el objetivo de conocer con rigor científicos la res- puesta del maíz y el frijol a diferentes variantes del método de riego por surcos se realizó el presente trabajo en el Dis- trito de riego num. 03, Tula, Hgo. a nivel de prueba durante el ciclo primavera-verano 1978, el diseño experimental utili- zado fue el de bloques al azar, para el cultivo del frijol -- los niveles ensayados fueron; surco alternativo, surco continuo y surco continuo a 0.70m, 0.70m, y 1m. de separación entre uno y otro respectivamente, en maíz los niveles fueron; surco con- tinuo y surco alternativo. Los riegos se aplicaron por medio de

sifones de 1.5 pulgadas, tomando como criterio de control la capa de 0-30 cm. del suelo, al 40% de la humedad aprovechable.

En base a los resultados obtenidos y las pruebas estadísticas realizadas, no se encontraron diferencias significativas entre las diversas variantes de modo de riego. (1)

Estudios realizados en Mississippi, con algodón "delta-pine" utilizando los siguientes espaciamientos de surcos son reportados, 1.- 40 pulgadas, espaciamiento de surco tradicional, 2.- espaciamiento alterno de 20 y 60 pulgadas entre surcos, 3.- espaciamiento alterno de surcos de 40 y 80 pulgadas, además para los espaciamientos alternos se aplicaron 24 lbs. por acre de nitrógeno, 32 lbs. por acre de fósforo y 60 lbs. por acre de potasio con el fin de aumentar la eficiencia del uso del agua de riego en dichos tratamientos.

Los resultados obtenidos indican que el tratamiento de surcos alternos de 20 y 60 pulgadas tuvo un rendimiento más bajo que el de surcos espaciados a 40 pulgadas, pero cuando se comparo con el espaciamiento alternante de 40 y 80 pulgadas, regando dos surcos y alternando 1, ocurrió una diferencia altamente significativa y se obtuvo un aumento del 27% en el rendimiento, en comparación con el tratamiento de riego tradicional a 40 pulgadas entre surcos. El contenido de agua del suelo se determino a una profundidad de 48 pulgadas a la

mitad del surco de 40 pulgadas, tambien se determinó éste - - contenido en los surcos espaciados a 80 pulgadas encontrando-se que el contenido de humedad a esa profundidad fue similar para ambos tratamientos, encontrandose una ligera tendencia - de menos cantidad de agua en las 12 pulgadas superficiales -- del suelo a la mitad del intervalo de 40 pulgadas entre los - surcos que en la parte media del surco espaciado a 80 pulga-- das. Conclusiones generales:

- 1.- Rendimiento. No se mostraron diferencias significativas sembrando a intervalos alternos de 20 y 60 pulgadas entre los surcos y sembrando a un intervalo uniforme de 40 pulgadas con riego uniforme. El rendimiento del algodón - - sembrado en surcos alternos de 40 y 80 pulgadas regando - dos y alternando uno, es significativamente más alto que el del intervalo uniforme de 40 pulgadas y este aumento - varía del 27 al 34%.
- 2.- Agua del suelo. El uso del agua del suelo ocurre a una - profundidad algo más grande que 48 pulgadas. En un pa- - trón de dos surcos con riego y alternando uno, en espaciamiento de 40 y 80 pulgadas, hay 1.5 y 2.2 pulgadas más de agua a disposición del surco alterno debido a la influen- cia del mayor desarrollo radicular causada por el efecto de la fertilización-riego, esta humedad esta disponible - para la planta y puede de hecho ser determinante en el -- rendimiento. También se reportan considerables ahorros - de agua de riego en estos tratamientos.

Esto no excluye otros factores que pueden tambien afectar significativamente este aumento del rendimiento. (5)

Resultados de tres años de estudios de una nueva forma de irrigar algodón con espaciamiento variable de surcos VRS, son reportados por Longenecker y colaboradores. Este nuevo modelo de espaciamiento de surcos consiste en alternar hileras a 1.37 m. y 0.66 m. respectivamente, con la finalidad de conservar el agua y bajar los costos de producción. El sistema VRS nos muestra que puede ser efectivo para mantener el rendimiento presentando simultaneamente, oportunidad para bajar los costos de producción a través del uso de menor agua para riego, bajando la evaporación, mejora la eficiencia de aplicación del agua, control más eficiente de malezas y adelantando la madurez de la cosecha, el mayor obstáculo para la adopción de este nuevo sistema por los agricultores, puede ser la inhabilidad para la recolección comercial por los modelos entre hileras variables.

Este patrón para espaciar hileras llamado VRS fue iniciado en la estación de investigaciones del Paso Texas en 1964. El arreglo utilizado fué un bloques al azar con 8 tratamientos y 4 repeticiones, los espaciamientos fueron de 1.02 m. convencional y alternar 1.37 m. con surcos angostos de 0.66 m. usando cuatro variedades de algodón. La frecuencia regular de riego en verano fue de 14 y 21 días, dando un total de 7 y

5 riegos en verano respectivamente.

Los riegos fueron aforados por medio de sifones, en el riego de presiembra se aplicó una lámina uniforme de 30.5 cm. para todas las pruebas. El sistema VRS sólo recibió la mitad del agua normalmente aplicada en siembras de verano en el total y por riego.

#### Resultados y discusión.

La obtención de la fibra en el sistema VRS se obtuvo con mucho menos agua de riego y con mínimo laboreo. En las siembras con espaciamientos normales se dieron de 4 a 7 labores de cultivo de post-emergencia para controlar las malezas en la mayor parte de las pruebas de el VRS se requiere poca o ninguna labor de cultivo, porque el agua es confinada a los surcos angostos y en la parte superior hay poca humedad y al final del verano hay poca luz que impide el crecimiento de malezas, las camas anchas (1.37 m.) quedaron secas y se usaron para el movimiento del tractor, el control de plagas y ocasionalmente para el rebordeo de surcos.

La mayor parte de las plantas de las diferentes variedades en el sistema VRS tenían una altura menor en comparación con los tratamientos de 1.02 m. entre hileras. Esto fue atribuido principalmente a la menor cantidad de agua de riego que se uso en el verano y consecuentemente a los grandes esfuer--

zos de humedad en el suelo. Las bellotas en todas las variedades de el VRS eran ligeramente pequeñas con relación al promedio, pero la fructificación fue muy uniforme.

Parece ser que con el arreglo VRS en todas las variedades se redujo la producción normal de semillas, lo que puede implicar un cierto ahorro adicional (en el despepitado). Observaciones de campo en pruebas de infestación indican que los porcentajes más bajos de aplicación de agua con el sistema VRS puede también ayudar al control de *Verticillium*. Se ha visto que el daño en el algodón Acala disminuye cuando se bajan los frecuentes riegos de 7 a 5. (16)

Otros estudios de riego por surcos alternos muestran que las cápsulas de algodón fueron significativamente más largas que en los sistemas convencionales, así como la longitud de la fibra. (12)

J.T. Musick y D.A. Dusek, en base a estudios realizados suponen que el riego por surcos alternos puede aumentar la eficiencia del uso del agua de riego para la producción de maíz y sorgo de grano, reduciendo las cantidades de aplicación de agua en surcos nivelados.

Las pruebas de campo de riego por surcos alternos se realizaron en 1976-77 en maíz, y en 1979 en sorgo de grano en --

un suelo con permeabilidad diferencial del perfil asociada -- con una labranza profunda anterior.

Las pruebas consistieron en sembrar dos surcos espaciados a 0.75 m. y dejar uno o dos surcos entre fajas sembradas en 1976, y un surco entre fajas sembradas en 1977 y 1979. Se regó un surco entre cada par de surcos del cultivo. El riego por surcos alternos redujo el consumo promedio de agua de 130 hasta 60 mm., lo que representa un ahorro del 46% del riego total. El efecto de la labranza profunda casi dobló la eficiencia del consumo de agua por el cultivo, el riego por surcos alternos promedio 34% del riego de cada surco. Estos datos sugieren que la reducción del consumo del agua es más grande en los suelos más permeables.

Aunque el riego por surcos alternos redujo los rendimientos en área total, los rendimientos y las eficiencias del uso del agua de riego en base a área de surcos sembrados se incrementaron. Concluimos que el riego por surcos alternos resultó eficiente en el uso del agua de riego donde los rendimientos del surco sembrado no se redujeron abajo de los rendimientos tradicionales del riego de cada surco.

Aquí se reportan los resultados de las pruebas de riego por surcos alternos para la producción de maíz y sorgo grano.



Las pruebas de "surcos alternos" se llevaron a cabo en el laboratorio de investigación de Conservación y Producción de USDA, Bushland, Tex. con maíz en 1976 y 1977 y con sorgo grano en 1979. El área seleccionada tenía permeabilidad diferencial asociada con efectos residuales de una labranza profunda realizada con arado grande, el uso de parcelas con permeabilidad diferencial permitió la obtención de resultados aplicables a los suelos de textura fina con un rango en las características del consumo de agua.

Se selecciono el sistema de "surcos alternos" de dos surcos sembrados y saltar uno, como un sistema diseñado para reducir el consumo de agua en un suelo arcilloso de Pullman a la mitad del riego tradicional en surcos nivelados. Este sistema de riego intenta reducir el tamaño del riego y aumentar la eficiencia del uso del agua de riego donde esta es limitada.

El suelo arcilloso de Pullman, es un miembro de los suelos finos, de la familia de los termicos de los paleustoles, este suelo tiene una estructura relativamente densa, con densidades de 1.5 a 1.7, el perfil es lentamente permeable cuando esta húmedo, con tasas básicas de consumo de 1 a 3 mm/hr. El tipo de arcilla es predominantemente montmorillonita. El desarrollo de grietas durante las épocas secas, causa que el suelo tenga una capacidad inicial de consumo de agua relativamente alta durante los primeros 20 a 30 minutos de 40 mm. El

consumo de agua normal durante el riego estacional, promedio 100 mm. El agua del suelo disponible a la planta en la zona efectiva de raíces a 1.2 m., esta entre  $-1/3$  y  $-15$  bars y es de 160mm.

La acción de la aradura profunda fue para romper y parcialmente mezclar los horizontes de arcilla poco permeable a 0.4 y 0.6 m. El arado de 0.6 m. de profundidad penetra completamente este horizonte y el de 0.8 m. rompe una capa de arcilla permeable en los estratos inferiores. El objetivo de esta practica de labranza fue para observar el efecto de la labranza profunda sobre el consumo de agua y en los rendimientos del cultivo durante el periodo de prueba de 14 años hasta 1979.

Se uso un diseño de bloques con parcelas divididas con dos repeticiones los tratamientos de labranza residual fueron la parcela principal, los tratamientos de surcos alternos y todos los surcos fueron las sub-parcelas en 1976. El área de prueba y el número de parcelas se doblaron en 1977-79. Las parcelas de labranza profunda residual se dividieron para dos niveles de humedad de dos (I-1) y cuatro (I-2) riegos estacionales. Las parcelas fueron de 18 surcos de 0.75 m. de ancho y 205 m. de largo en 1976-77 y de 305 m. de largo en 1979. Los rendimientos se muestrearon en tres sitios a lo largo de la parcela en 1976-77 y en cuatro sitios en 1979.

Los híbridos sembrados fueron Dekalb XL-75 maíz en 1976, Pionner 3321 maíz en 1977, y Dekalb F-67 sorgo en 1979. Las poblaciones de plantas para maíz fueron de 50000 a 60000/ha. Y la densidad de siembra del sorgo fue de 7 kg/ha. Los riegos fueron aforados por medio de sifones, para conocer el volumen aplicado a cada sub-parcela. El contenido de humedad del suelo se midió mediante el método gravimétrico a profundidades de 0.3 m. y 1.8 m. al inicio y al final del ciclo respectivamente.

Para las parcelas de labranza normal y labranza residual profunda (0.8m.) indican excelente habilidad para agotar el agua del suelo a una distancia lateral de 0.75 m. del surco en el sistema de alternar un surco entre fajas de dos surcos sembrados, pero menos habilidad para agotar el agua del suelo en los tratamientos de saltar dos surcos entre fajas. Sin embargo, los resultados indican que la labranza profunda mejoró la habilidad del cultivo para agotar el agua del suelo a una distancia lateral de 1.13 m., lo cual sugiere un efecto de la labranza profunda para aumentar el desarrollo radicular.

Una consideración mayor en la siembra de surcos alternos es la habilidad del cultivo para aumentar el rendimiento por surco para compensar la pérdida de rendimiento de los surcos no sembrados. Aunque el maíz y el sorgo pueden aumentar los rendimientos por surco para compensar los rendimientos del surco que se alterna, no hay ventaja de la eficiencia del uso del agua a menos que se reduzca la aplicación de agua de riego.

La eficiencia del uso del agua de riego para el tratamiento de alternar un surco fue de  $2.72 \text{ kg/m}^3$  mientras que para el tratamiento de alternar dos surcos entre fajas fue de  $2.01 \text{ kg/m}^3$ .

El riego por surcos alternos tuvo muy poco efecto en la eficiencia del uso del agua de evapotranspiración estacional. Se concluye que el sistema de saltar un surco ofrece el mejor potencial para el uso eficiente del agua.

Los resultados obtenidos en maíz en 1976 y 1977 indican - que el riego por surcos alternos se puede usar para reducir la lámina de riego para maíz, pero el número de riegos normalmente aplicados no serian reducidos. Musick y Dusek 1980, encontraron que la aplicación reducida del agua de riego para maíz reduce la eficiencia del uso del agua debido a la sensibilidad del rendimiento a las tensiones de humedad. La respuesta del sorgo grano al riego por surcos alternos indica que es más tolerante que el maíz a las tensiones de humedad, y estos resultados sugieren que el riego por surcos alternos se puede usar sobre un amplio rango de aplicaciones para reducir el volumen y el número de aplicaciones para la producción de sorgo grano.

La eficiencia del uso del agua calculada para el sorgo se baso en un rendimiento no regado de  $3200 \text{ kg/ha}$ . de una área -- cercana que tuvo un perfil húmedo del suelo en la siembra. El riego por surcos alternos aumento la eficiencia del uso del agua en el tratamiento más húmedo I-2 desde 1.43 para el riego convencional hasta  $1.76 \text{ kg/m}^3$ , y en el tratamiento más seco -- I-1 desde 2.55 a  $2.90 \text{ kg/m}^3$ . (19)

## MATERIALES Y METODOS

Ubicación del sitio experimental.

El experimento se llevó a cabo en terrenos pertenecientes a la Facultad de Agronomía de la U.A.N.L., en el municipio de Marin; N.L., el lugar geográficamente se sitúa a los 25°53' Latitud norte y 100°03' Longitud oeste, con una altitud de 363.7 m.s.n.m.

Características climáticas.

Según el sistema de Koppen, modificado por García (1973), el clima de la región es representado por:

$$BS_1 (h') hx' (e')$$

donde:

$BS_1$  : Clima seco o árido con régimen de lluvias en verano - - siendo el menos seco de los BS.

$(h')h$  : Temperatura anual sobre 22°C y bajo 18°C, en el mes más frío.

$x'$  : El régimen de lluvias se presentan como intermedias entre verano e invierno, con un porcentaje de lluvias invernal mayor de 18.

$(e')$  : Oscilación anual de las temperaturas medias mensuales, mayor de 18 siendo la más extremosa. (10)

Durante el ciclo de cultivo se presentaron las siguientes condiciones climáticas:

Temperatura media promedio

24.75°C

Evaporación durante el ciclo _____	817.87 mm.
Precipitación durante el ciclo _____	200.60 mm.
Humedad relativa promedio _____	68.50 %

Materiales utilizados durante el desarrollo del experimento.

Para la preparación del terreno:

Tractor, arado, rastra, bordeadora, estacas.

Para la siembra:

Tractor, sembradora, semilla de maíz, estacas.

Para los muestreos de suelo:

Barrena Veihmeyer, frascos de vidrio, balanza, estufa, etiquetas, mazo de madera, marcadores.

Para los riegos:

Azadones, palas, lonas, sifones de 1 pulgada, mangueras para nivel, cronómetro, reglas.

Para el control fitosanitario:

Mochilas aspersoras, insecticida, probeta graduada.

Para la cosecha:

Costales, etiquetas, marcadores, hilo, cinta metrica.

Caracterización del suelo y agua.

Se realizaron determinaciones de las características físicas y químicas del suelo y agua.

Las muestras se analizaron en el laboratorio de suelos -

de la Facultad de Agronomía de la U.A.N.L.

Para la determinación de la textura se utilizó el método de hidrómetro de Bouyoucos y para la clasificación agronomica se utilizó el triángulo de texturas.

En la tabla 1 del apéndice se reportan las características fisico-químicas del suelo del lote experimental.

Las características del agua de riego se presentan en la tabla 2 del apéndice.

Constantes de humedad.

Se determinaron los parametros de capacidad de campo -- (CC) y punto de marchitez permanente (PMP), hasta una profundidad de 90 cms., las determinaciones se efectuaron utilizando las siguientes ecuaciones:

$$CC = 0.2102(A) + 0.3055(L) + 0.2625(AR)$$

$$r^2 = 0.9677$$

$$PMP = 0.2635(A) + 0.3135(L)$$

$$r^2 = 0.9020$$

donde:

CC : Capacidad de campo (%)

PMP : Punto de marchitez permanente

A : % de arena

- L : % de limo  
 AR : % de arcilla  
 $r^2$  : Coeficiente de correlación

Estas ecuaciones fueron obtenidas en 1981 por Guzman C., a través de una regresión lineal múltiple a partir de 204 muestras de suelo de textura arcillosa en el estado de N.L., utilizando el método de la olla de presión y el de la membrana de presión para los valores de capacidad de campo (CC) y punto de marchitez permanente (PMP) respectivamente. (11)

Cuadro 2. Valores de capacidad de campo (CC) y punto de marchitez permanente (PMP). "Sistema de riego por surcos alternos en el cultivo del maíz". Primavera-verano 1983, Marín; N.L.

Estrato	Prof. (cm.)	CC	PMP
1	0-30	25.31	10.36
2	30-60	26.88	11.48
3	60-90	25.33	12.15

#### Densidad aparente

La densidad aparente ( $D_a$ ), se obtuvo para cada estrato de 30 cm. mediante el uso de una barrena de Uhland, aplicando el método de los "cilindros de volumen conocido" y el método de la parafina, los valores se observan en el cuadro 3.



Cuadro 3. Valores de densidad aparente para cada estrato de 30 cm. "Sistema de riego por surcos alternos en el cultivo del maíz". Primavera - verano 1983, -- Marin, N.L.

Estrato	Prof. (cm.)	Da (gr/cm <sup>3</sup> )
1	0-30	1.27
2	30-60	1.42
3	60-90	1.50

Fuente de abastecimiento.

La fuente de abastecimiento para el riego, fué la presa ubicada en el campo experimental de Marin, N.L. y a la que se le denomina "presa grande". Las características químicas del agua indican que presenta problemas de sales y que esta condicionada para ciertos cultivos.

MÉTODOS.

Diseño experimental.

La metodología a seguir en este trabajo fue la siguiente: se experimentó con maíz, el diseño experimental usado fue un bloques al azar con cinco tratamientos y cuatro repeticiones, teniendo por lo tanto 20 unidades experimentales. El área de cada unidad experimental fue de 96.6 m<sup>2</sup>., correspondiente a siete surcos de 15 m. de largo espaciados a 0.92 m.



Se tomó como parcela útil los tres surcos centrales de cada unidad experimental, eliminando un metro de cabeceras.

#### Tratamientos.

- 1.- Riego por surcos alternos solo durante la etapa vegetativa del cultivo.\*
- 2.- Riego por surcos alternos durante todo el ciclo del cultivo.
- 3.- Riego por surcos alternos durante todo el ciclo del cultivo. (Riego non surcos nones, riego por surcos - pares).
- 4.- Riego por surcos alternos solo durante la etapa vegetativa del cultivo. (Riego non surcos nones, riego - par surcos pares).\*
- 5.- Riego por surcos convencionales.

Nota: Los tratamientos marcados con asterisco (\*) al llegar a la etapa de floración fueron regados por el método convencional.

#### Trabajo de campo.

Las practicas agronomicas utilizadas en el desarrollo del experimento, derivan de las recomendaciones generadas por la SARH de Nuevo León y las más indicadas para realizar un trabajo de investigación agrícola.

#### Preparación del terreno.

Consistió en aradura profunda, rastra y cruza. Después por medio de bordeadores, se trazaron las regaderas y se delimitaron con bordos las unidades experimentales, la parcela experimental tuvo las siguientes dimensiones 6.44 m. de ancho - por 15 m. de largo.

#### Siembra.

Se realizó con sembradora el día 1° de marzo de 1983, no se dio riego de pre-siembra ya que se aprovechó la humedad residual de lluvias anteriores, se utilizó la variedad NLVS-2 y la distancia entre surcos fué de 0.92 m. y entre plantas de 0.25 m., la germinación ocurrió el día 10 de marzo de 1983, notandose un buen número de plantas alvinas.

#### Control de la humedad del suelo.

Se elaboró un registro de control del abatimiento de la humedad del suelo a través del ciclo del cultivo, utilizando-se el método gravimétrico, para lo cual se muestreaba en el centro de la parcela con barrenas Veihmeyer en la forma tradicional a profundidades de 0-30, 30-60 y 60-90 cms. a intervalos de 5 días.

Las muestras de suelo extraídas se secaban a 110°C en la estufa, por espacio de 24 hrs. y por diferencia de peso se determinaba el porcentaje de humedad que contenía la muestra.

#### Aplicación de los riegos.

La determinación de las fechas para aplicar los riegos se hizo siguiendo el abatimiento normal de la humedad del suelo a nivel radicular y los riegos se aplicaron cuando la humedad descendía hasta el 50% de la humedad aprovechable.

Para la primera etapa del ciclo vegetativo del maíz que fue de la siembra a prefloración se tomó el promedio de los estratos 0-30 y 30-60 cms. de profundidad.

Los riegos se aplicaron por medio de sifones de 1 pulgada de diámetro previamente calibrados, utilizando el agua de la presa grande. El primer riego se alargó ya que ocurrieron precipitaciones, y se aplicó los días 4 y 5 de abril de 1983 y fue para uniformizar los tratamientos. Previamente se hizo un muestreo de humedad hasta 90 cms. y se calculó la lámina de riego requerida para llevar al suelo a capacidad de campo. De ahí en adelante se inició la aplicación de los tratamientos, tomándose el 50% de abatimiento en base a los testigos, las láminas de riego a aplicar se calculaban para cada parcela experimental.

Al momento de aplicar el riego se lograba un tirante uniforme en el canal de riego y se procedía a nivelar los sifones a la carga deseada mediante un nivel de manguera colocado en el suelo sobre la cual descansaba el sifon. Una vez que se tenía controlada la carga y el gasto se mantenía constante,

el volumen de agua por aplicar a la parcela quedaba en función del tiempo de riego.

Para determinar la lámina de riego ( $L_r$ ) se utilizó la siguiente ecuación:

$$L_r = (CC - CH_a) Pr \cdot Da$$

donde:

$L_r$  : Lámina de riego, en cms.

CC : Capacidad de campo en %

CH<sub>a</sub> : Contenido de humedad antes del riego, en %

Pr : Profundidad de riego, en m.

Da : Densidad aparente, en gr/cm<sup>3</sup>

Para calcular el volumen total aplicado a la parcela se utilizó la siguiente ecuación:

$$V = A \cdot L_r$$

donde:

A : Area, en m<sup>2</sup>

$L_r$  : Lámina de riego, en m.

Además, para calcular el tiempo de riego ( $T_r$ ) se utilizó la siguiente ecuación:

$$T_r = V/Q$$

donde:

V = Volumen, en m<sup>3</sup>

Q = Gasto, en m<sup>3</sup>/min.

### Observaciones de campo.

Todas las unidades experimentales fueron inspeccionadas periódicamente para la obtención de datos como: estado fitosanitario, desarrollo fenológico, altura de plantas, floración. Se presentó un ataque de trips en las primeras etapas de desarrollo del cultivo, por lo cual fue necesario la aplicación de un insecticida para su control, el cual se realizó por medio de folidol cuya dosis de aplicación es de 0.5 lt/ha. la aplicación se realizó el día 6 de abril de 1983.

Con respecto a malezas estas se presentaron después de la aplicación del primer riego de auxilio y fueron controladas manualmente y posteriormente con un cultivo que se dió el 11 de mayo de 1983, al final del ciclo se presentó algo de gusano elotero pero su incidencia fue baja y no fue necesaria la aplicación de insecticida, además en los últimos días de mayo ocurrieron precipitaciones provocando el desarrollo de carbón en las mazorcas, sobre todo en los surcos de protección.

### Cosecha.

La cosecha se realizó manualmente el día 1° de julio de 1983, tomándose como parcela útil los tres surcos centrales de cada parcela experimental, correspondiente a una área de 35.88 m<sup>2</sup> (2.76 m. de ancho X 13 m. de largo). Se cosechó cada surco por separado para hacer comparaciones entre surcos

y posteriormente desgranarlas a mano y pesar el grano para -  
determinar el rendimiento en cada parcela experimental.

Calibración de sifones.

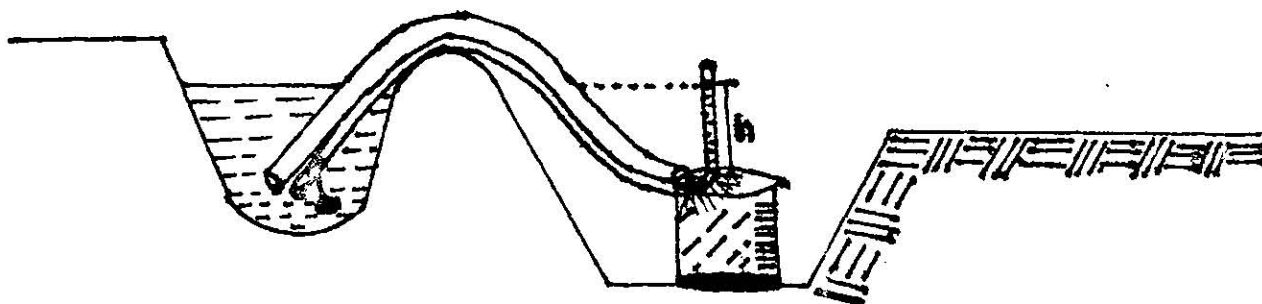


Fig. 1. Esquema que muestra el procedimiento para la  
calibración de sifones.

Básicamente lo que se necesitó para la calibración de -  
sifones fue lo siguiente:

- 1).- Sifon de 1 pulgada de diámetro
- 2).- Nivel de manguera
- 3).- Cronómetro
- 4).- Recipiente de volumen conocido.

El procedimiento para la calibración fue el siguiente:

- 1.- Se coloca el sifon a una carga determinada.
- 2.- La carga hidraulica se mide con el nivel de manguera.
- 3.- Se determina el tiempo en que se llena el recipiente de



volumen conocido.

4.- Se determina el gasto con la formula de  $Q = V/T$ .

5.- Se anota el valor del gasto y la carga correspondiente.

6.- Se coloca el sifon en otra carga y se vuelven a seguir -- los pasos anteriores. Es necesario tomar diferentes cargas y en su rango de trabajo.

7.- Con los datos de carga y gasto se construye la gráfica -- que relaciona la carga hidraulica y el gasto para sifones de 1 pulgada de diámetro.

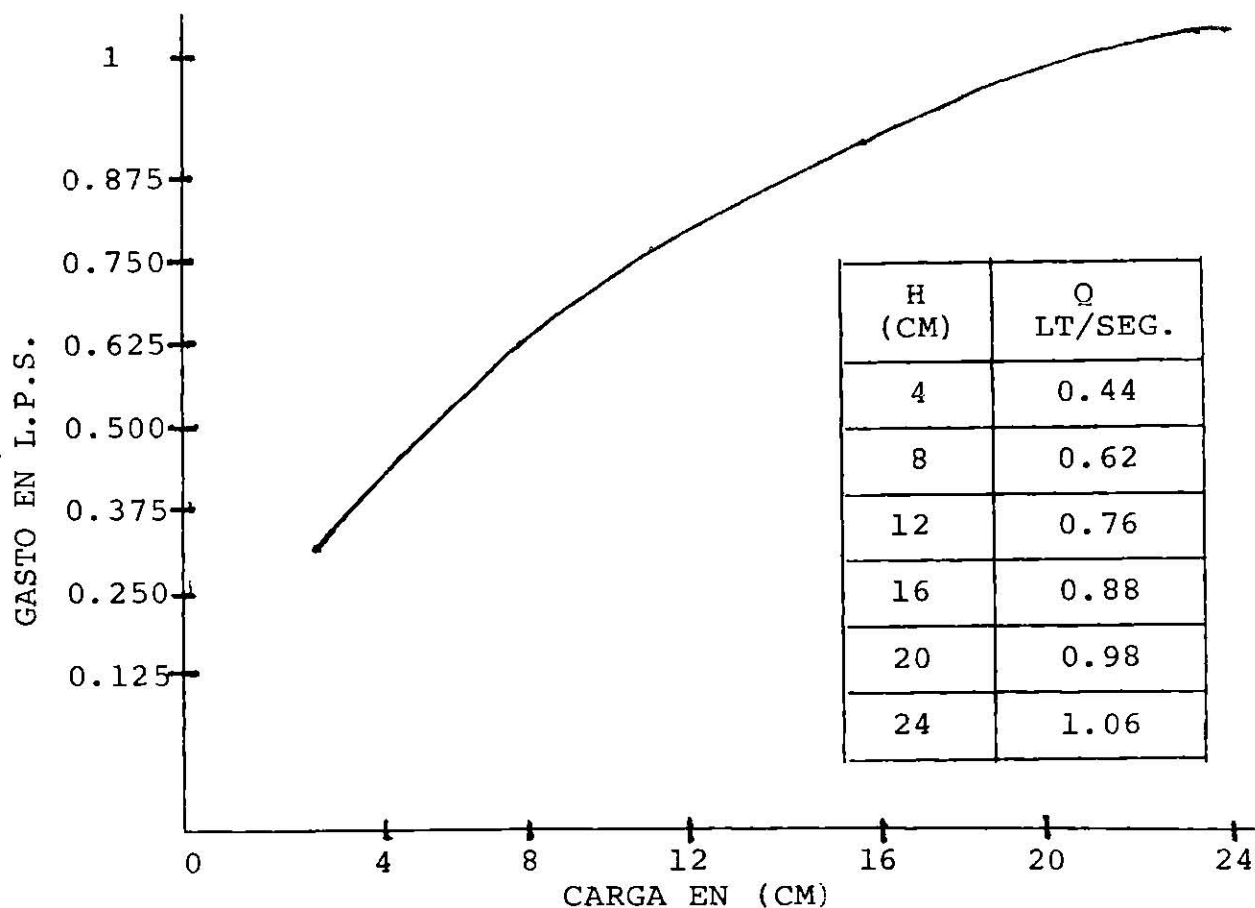


Fig. 2 Curva carga-gasto para sifones de 2.54 cm. de diámetro. "Sistema de riego por surcos alternos en el cultivo del maíz". Primavera-verano 1983, Marín, N.L.

## RESULTADOS Y DISCUSION

A continuación se presentan los resultados del análisis de varianza para cada una de las variables en estudio, las -- cuales fueron:

- a).- Rendimiento de grano (Kg/ha.)
- b).- Eficiencia del uso del agua (Kg./m.<sup>3</sup>)
- c).- Altura de plantas (m.)
- d).- Porcentaje de materia seca (%)
- e).- Altura a la mazorca (m.)
- f).- Volúmenes aplicados m<sup>3</sup>/ha.)

Los resultados se presentan acompañados de una breve discusión para cada una de las variables respuestas.

El análisis de varianza para los datos correspondientes a las variables respuestas, nos muestra que si existe diferencia significativa entre los tratamientos para las variables - analizadas con excepción de eficiencia del uso del agua y altura a la mazorca.

Además para las variables que reportaron diferencias significativas en el análisis de varianza, se realizaron pruebas de medias utilizando el estadístico Scheffe.

Rendimiento de grano.

Tabla 1. Rendimiento en Kg/ha. de maíz. "Sistema de riego - por surcos alternos en el cultivo del maíz".

Primavera - verano 1983, Marin; N.L.

T	I	Repeticiones			Promedio en Kg/ha.
		II	III	IV	
1	1192.83	742.73	889.05	1029.79	963.60
2	970.43	1070.20	847.24	840.28	932.03
3	605.61	1089.15	1082.47	1067.42	961.16
4	1110.89	830.24	936.15	852.26	932.40
5	1923.03	1811.55	1733.51	1853.35	1830.36

Tabla 2. Análisis estadístico para rendimiento de grano (Kg/ha.). "Sistema de riego por surcos alternos en el cultivo del maíz". Primavera - verano 1983, Marin, N.L.

F.V.	G.L.	S. de C.	C.M.	F. Cal	F. Tab.	
					.01	.05
Tratam.	4	2466382.48	616595.62	18.21**	3.36	5.67
Bloques	3	11410.80	3803.60	0.11 <sup>n.s.</sup>	3.59	6.22
Error	11	372436.55	33857.85			
Total	18	2882846.17				

\*\* Efecto altamente significativo.

n.s. Efecto no significativo

C.V. = 16.37

Con los rendimientos promedios de grano de cada tratamiento, se procedió a realizar la prueba de comparación de medias, utilizando el estadístico Scheffe, cuyos resultados se reportan a continuación:

Tratamientos	5	1	3	4	2
Rendimiento	1830.36	963.60	961.16	932.40	932.03
Scheffe	a	b	b	b	b

a, b promedios con diferente letra son diferentes.

El tratamiento 5 que fue la modalidad de riego por surcos convencionales, fué el que reportó más altos rendimientos a éste se le aplicaron tres riegos con una lámina promedio total de 27.13 cm. más las aportaciones pluviales que fueron de 20 cm. en el ciclo.

Los tratamientos 1, 3, 4 y 2 que fueron de acuerdo a la prueba de Scheffe estadísticamente diferentes al tratamiento 5, presentaron una inferioridad en el rendimiento de 52.54%, 52.51%, 50.94% y 50.92% respectivamente, estos tratamientos correspondieron a una modalidad de riego por surcos alternos, las posibles causas de los bajos rendimientos que se obtuvieron en estos tratamientos fueron: la falta de humedad a la que se sometió a dichos tratamientos en la etapa crítica de llenado de grano, aunado con las altas temperaturas que se presentaron durante esa etapa del cultivo.

Tabla 3. Eficiencia del uso del agua en maíz Kg/m<sup>3</sup> "Sistema de riego por surcos alternos en el cultivo del maíz". Primavera - verano 1983, Marin; N.L.

T	I	Repeticiones			Promedio Kg/m <sup>3</sup>
		II	III	IV	
1	0.653	0.412	0.473	0.511	0.512
2	0.510	0.563	0.460	0.494	0.506
3	0.337	0.637	0.665	0.641	0.570
4	0.675	0.490	0.574	0.523	0.565
5	0.722	0.665	0.642	0.669	0.674

Tabla 4. Análisis estadístico para eficiencia del uso del agua en maíz. "Sistema de riego por surco alternos en el cultivo del maíz". Primavera - verano 1983, Marin; N.L.

F.V.	G.L.	S. de C.	C.M.	F. Cal	F. Tab.	
					.01	.05
Tratam.	4	0.0753	0.0188	1.52 <sup>n.s.</sup>	3.36	5.67
Bloques	3	0.0043	0.0014	0.12 <sup>n.s.</sup>	3.59	6.22
Error	11	0.1285	0.0116			
Total	18	0.2081				

n.s. Efecto no significativo.

C.V. = 19.03

Eficiencia del uso del agua ( $\text{kg}/\text{m}^3$ ). Esta variable se incluyó debido a que es una forma de estimar la eficiencia de utilización del agua de riego por el cultivo en los diferentes tratamientos en estudio.

Como puede observarse en la tabla 4, no existe diferencia significativa entre los tratamientos, por lo tanto, no se realizó la prueba de Scheffe.

La eficiencia del uso del agua implica la máxima utilización del agua de riego aplicada al cultivo con el mínimo costo de esta así como el de mano de obra.

La mayor eficiencia se presentó en el tratamiento 5 y fue el que reportó mayores rendimientos. Los tratamientos 3, 4, 1 y 2 mostraron una reducción en la eficiencia de 15.43%, 16.17%, 24.03% y 24.92% con respecto al tratamiento 5.

Es posible que la deficiencia de humedad a la que se sometió a estos tratamientos en la etapa de llenado de grano -- fuese la causa de estas reducciones en la eficiencia, otra -- causa de la mayor eficiencia del tratamiento 5, pudo haber -- sido el propio efecto del tratamiento que consistió en regar los surcos en forma convencional, de tal manera que en este -- tratamiento la distribución del agua en el suelo era más uniforme que en los tratamientos de riego por surcos alternos.

Tabla 5. Altura de plantas (m) tomada de 10 plantas con competencia completa dentro de la parcela útil.

"Sistema de riego por surcos alternos en el cultivo del maíz". Primavera - verano 1983, Marin; N.L.

T	I	Repeticiones			Promedio en n.
		II	III	IV	
1	1.815	1.650	1.622	1.528	1.531
2	1.674	1.590	1.577	1.606	1.611
3	1.633	1.478	1.483	1.681	1.568
4	1.623	1.694	1.557	1.592	1.617
5	2.012	1.637	1.731	1.775	1.838

Tabla 6. Análisis estadístico para altura de plantas. "Sistema de riego por surcos alternos en el cultivo del maíz". Primavera - verano 1983, Marin; N.L.

F.V.	G.L.	S. de C.	C.M.	F. Cal	F. Tab.	
					.01	.05
Tratam.	4	0.1795	0.0448	6.68**	3.36	5.67
Bloques	3	0.0715	0.0238	3.55 <sup>n.s.</sup>	3.59	6.22
Error	11	0.0735	0.0067			
Total	18	0.3263				

\*\* Efecto altamente significativo.

n.s. Efecto no significativo

C.V. = 4.95

El análisis estadístico muestra que existen diferencias altamente significativas para la variable altura de plantas, por lo que se procede a realizar la comparación de medias utilizando el estadístico Scheffe.

Tratamientos	5	1	4	2	3
Alt. de pl.	1.838	1.631	1.617	1.611	1.568
Scheffe	a	ab	b	b	b

a, b promedios con diferentes letras son diferentes.

Como puede observarse el tratamiento 5, riego por surcos convencionales presentó la mayor altura final, la cual fue estadísticamente igual al tratamiento 1 riego por surcos alternos solo durante la etapa vegetativa del cultivo, esto pudo ser consecuencia de que durante la aplicación de los tres riegos de auxilio a este tratamiento se le regaron solo los dos surcos laterales de la parcela útil, dejándose sin riego solo el surco central de dicho tratamiento, esto ocasionó que este surco no tuviera fuertes restricciones de humedad y en pre-floración ocurrieron buenas precipitaciones que favorecieron al surco alterno y posiblemente a esto se deba la igualdad estadística que guardaron dichos tratamientos.

Se puede ver el hecho de que al contar con humedad en la etapa de pre-floración, tiene gran influencia en el crecimiento final de la planta, pues el tratamiento 1, en su surco - -



central fue toda la aportación que recibió en el ciclo y fue suficiente para igualar su altura con las plantas de los surcos regados de este tratamiento.

El tratamiento 4 que fue de riego por surcos alternos -- solo durante la etapa vegetativa del cultivo, regándose los -- surcos nones en riego non y los surcos pares en riego par, -- fue estadísticamente igual al tratamiento 1 que consistió en riego por surcos alternos solo durante la etapa vegetativa -- del cultivo, esto era de esperarse ya que ambas modalidades -- guardaron cierta similitud en cuanto a volúmenes aplicados, -- y ambos tratamientos estuvieron influenciados por precipita-- ciones en la etapa de pre-floración, lo cual se manifestó en la igualdad en la altura final que mostraron.

Los tratamientos 2, riego por surcos alternos durante to do el ciclo del cultivo y el tratamiento 3 que consistió en -- riego por surcos alternos durante todo el ciclo del cultivo, regándose en riego non los surcos nones y en riego par los -- surcos pares, fueron estadísticamente iguales al tratamiento 1, y aquí también se observó la influencia de las precipita-- ciones sobre la altura final de las plantas.

Se pudo notar el hecho de que la mayoría de los trata-- mientos con riego por surcos alternos presentaron una altura de plantas inferior al tratamiento 5. Estos promedios se obu vieron de una muestra de 10 plantas tomadas al azar en cada -- unidad experimental, dentro de cada parcela útil.

Tabla 7. Porcentajes de materia seca producida, tomada en -- base a dos plantas por parcela útil (35.88 m<sup>2</sup>). "Sistema de riego por surcos alternos en el cultivo del maíz". Primavera - verano 1983, Marin; N.L.

T	I	Repeticiones			Promedio en %
		II	III	IV	
1	49.07	48.33	48.03	52.91	49.58
2	49.29	48.04	50.21	46.73	48.56
3	48.14	45.43	50.37	45.29	47.30
4	48.28	50.01	50.95	51.94	50.29
5	59.86	57.26	57.53	57.50	58.03

Tabla 8. Análisis estadístico para materia seca. "Sistema de riego por surcos alternos en el cultivo del -- maíz". Primavera - verano 1983, Marin; N.L.

F.V.	G.L.	S. de C.	C.M.	F. Cal	F. Tab.	
					.01	.05
Tratam.	4	284.80	71.22	17.49**	3.36	5.67
Bloques	3	6.83	2.27	0.55 <sup>n.s.</sup>	3.59	6.22
Error	11	44.81	4.07			
Total	18	336.80				

\*\* Efecto altamente significativo.

n.s. Efecto no significativo

C.V. = 3.97

Con los porcentajes promedios de materia seca de cada -- tratamiento se realizó la comparación de medias, mediante la prueba de Scheffe, y los resultados se reportan a continua-- ción:

Tratamientos	5	4	1	2	3
% de mat. seca	58.03	50.29	49.58	48.56	47.30
Scheffe	a	b	b	b	b

a, b promedios con diferentes letras son diferentes.

Como se puede observar el tratamiento 5 fue el que re-- portó mayor porcentaje de materia seca producida.

Los tratamientos 4, 1, 2 y 3 fueron estadísticamente di-- ferentes al tratamiento 5, y reportaron una baja en la produç-- ción de materia seca de 13.33%, 14.56%, 16.31% y 18.94% con -- respecto al tratamiento 5. Estos tratamientos correspondie-- ron a una modalidad de riego por surcos alternos. Posiblemen-- te las causas de esta diferencia estadística sean las mismas que se mencionaron para rendimiento de grano. Cabe hacer men-- sión que el rendimiento de grano y la producción de materia -- seca no fueron inversamente proporcionales, y la causa de -- ello fue debido a que para evaluar rendimiento se tomo toda -- la parcela útil, mientras que para evaluar materia seca, sólo se tomaron dos plantas de la parcela útil. En general los -- porcentajes de materia seca producida fueron altos.

Tabla 9. Altura a la mazorca (m.) tomada en base a 10 plantas con competencia completa, dentro de la parcela útil (35.88 m<sup>2</sup>). "Sistema de riego por surcos alternos en el cultivo del maíz". Primavera - verano 1983, Marin; N.L.

T	Repeticiones				Promedio en m.
	I	II	III	IV	
1	0.931	0.818	0.787	0.795	0.8325
2	0.942	0.822	0.802	0.874	0.8600
3	0.860	0.825	0.712	0.846	0.8107
4	0.964	0.876	0.850	0.817	0.8517
5	1.066	0.888	0.846	0.985	0.9462

Tabla 10. Análisis estadístico para altura a la mazorca. "Sistema de riego por surcos alternos en el cultivo del maíz". Primavera - verano 1983, Marin; N.L.

F.V.	G.L.	S. de C.	C.M.	F. Cal.	F. Tab.	
					.01	.05
Tratam.	4	0.0391	0.0097	0.88 <sup>n.s.</sup>	3.36	5.67
Bloques	3	0.0449	0.0149	1.35 <sup>n.s.</sup>	3.59	6.22
Error	11	0.1214	0.0110			
Total	18	0.0343				

n.s. Efecto no significativo

C.V. = 12.19

El análisis estadístico muestra que no se presentaron diferencias significativas para esta variable, por lo cual no se realizaron comparaciones de medias.

Para esta variable altura a la mazorca, no hubo diferencias significativas entre tratamientos, ya que todos presentaron una altura a la mazorca más o menos uniforme, sin embargo se pudo notar que el tratamiento 5, riego por surcos convencionales al cual se le sometió a leves restricciones de humedad durante el ciclo, además de ser el que mayor rendimiento reportó, resultó ser el tratamiento que mayor altura a la mazorca obtuvo al final del ciclo en comparación con los tratamientos de riego por surcos alternos.

Al observar la tabla 1, notamos que tanto los tratamientos más rendidores para grano como los menos rendidores, presentaron una altura a la mazorca muy semejante, esto nos hace suponer que la altura a la mazorca no influye necesariamente en el rendimiento.

Con respecto a bloques no hubo diferencias significativas, por lo tanto, podemos suponer que el diseño estuvo bien planteado y que los bloques estuvieron ubicados de acuerdo al gradiente de variación que en este caso fue la pendiente.

Estos promedios se obtuvieron de una muestra de 10 plantas tomadas al azar dentro de la parcela útil.

Tabla 11. Volúmenes aplicados en m<sup>3</sup>/ha. "Sistema de riego - por surcos alternos en el cultivo del maíz".

Primavera - verano 1983, Marin; N.L.

T	Repeticiones				Promedio en m <sup>3</sup> /ha.
	I	II	III	IV	
1	1825	1802	1879	2015	1880.25
2	1902	1901	1843	1699	1836.25
3	1797	1709	1627	1663	1699.00
4	1646	1694	1629	1628	1649.25
5	2661	2724	2697	2770	2713.00

Tabla 12. Análisis estadístico para volúmenes aplicados.

"Sistema de riego por surcos alternos en el cultivo del maíz". Primavera - verano 1983, Marin; N.L.

F.V.	G.L.	S. de C.	C.M.	F. Cal.	F. Tab.	
					.01	.05
Tratam.	4	2896037.70	724009.40	103.56**	3.36	5.67
Bloques	3	3226.15	1075.38	0.15 <sup>n.s.</sup>	3.59	6.22
Error	11	76896.10	6990.55			
Total	18	3093204.95				

\*\* Efecto altamente significativo

n.s. Efecto no significativo

C.V. = 4.27

El análisis estadístico muestra que existen diferencias altamente significativas, por lo cual se procede a realizar la prueba de comparación de medias, utilizando el estadístico Scheffe, cuyos resultados se reportan a continuación:

Tratamientos	5	1	2	3	4
Vol. aplicado	2713.00	1880.25	1836.25	1699.00	1649.25
Scheffe	a	b	bc	bc	c

a, b, c promedios con diferente letra son diferentes.

Como puede observarse en la comparación de medias el tratamiento 5, riego por surcos convencionales fué el que mayor volumen reportó hacia el final del ciclo y además fue en el que mayor rendimiento se obtuvo. En comparación con los tratamientos de riego por surcos alternos tenemos que el tratamiento 1 presento un ahorro del 30.69%, el tratamiento 2 un 32.31% el tratamiento 3 de un 37.37% y el tratamiento 4 de un 39.20% en relación al volumen aplicado al tratamiento 5; cabe señalar que en estos tratamientos solo se regaba el 66% del área de la parcela útil o sea solo los dos surcos laterales, mientras que el surco central quedaba influenciado por el movimiento lateral y descendente del agua.

El tratamiento 2, riego por surcos alternos durante todo el ciclo del cultivo fué estadísticamente igual al tratamiento 1, que fue riego por surcos alternos solo durante la etapa

vegetativa del cultivo, esto era de esperarse, ya que todo el período vegetativo se regaron en la misma forma dichos tratamientos. El tratamiento 3, riego por surcos alternos durante todo el ciclo del cultivo, regandose en riego non los surcos nones y en riego par los surcos pares, fue estadísticamente igual al tratamiento 2 alterno durante todo el ciclo y esto posiblemente se debió a que los riegos nones fueron dos, mientras que los pares solo fue 1, por lo cual los volúmenes aplicados a éste tratamiento guardaron cierta igualdad con los volúmenes aplicados al tratamiento 2.

Con respecto al tratamiento 4 riego por surcos alternos solo durante la etapa vegetativa del cultivo, regandose los surcos nones en riego non y los pares en riego par fué el tratamiento que más bajo volumen se aplicó y fué estadísticamente igual a los tratamientos 2 y 3 y esto posiblemente se debió a la similitud que guardaron dichas modalidades de riego por surcos alternos.

Los volúmenes que se reportan en la tabla 11, deben ser alterados con el volumen aportado por las precipitaciones que fue de  $2000^3$ /ha. durante todo el ciclo de cultivo.



## CONCLUSIONES

En base a los resultados obtenidos en este trabajo se --  
puede concluir lo siguiente:

- 1.- Los rendimientos de grano fueron bajos, aunque se reportan diferencias altamente significativas estas fueron debido -- a lo siguiente: el abatimiento del 50%, para determinar -- el momento del riego se hizo en base a la humedad del tra-  
tamiento de riego por surcos convencionales (T-5), esto -- propició que en los tratamientos de riego por surcos al-  
ternos, la humedad se mantuviera a altas tensiones.
- 2.- El espaciamiento entre surcos fue mucho (92 cm.), ya que -- se trataba de explotar el movimiento lateral del agua en los  
tratamientos de riego por surcos alternos pero dicho espa-  
ciamiento evito que se hiciera eficientemente.
- 3.- En cuanto a la diferencia del uso del agua no se presenta-  
ron diferencias significativas entre los tratamientos y se  
consideró baja para todos los tratamientos en estudio.
- 4.- Para altura de plantas tenemos que hubo diferencias alta--  
mente significativas y el tratamiento de riego por surcos  
convencionales reportó mayor altura y esto pudo ser conse-  
cuencia de que dicho tratamiento no estuvo sometido a res-  
tricciones de humedad lo cual ocurrió con los demás trata-  
mientos en estudio.
- 5.- Los porcentajes de materia seca presentaron diferencias --  
altamente significativas, notandose mayor porcentaje de --

materia seca en el tratamiento de riego por surcos convercionales.

- 6.- Con respecto a altura a la mazorca no se presentaron diferencias significativas y se notó que tanto los tratamientos más rendidores para grano como los menos rendidores, presentaron una altura a la mazorca muy semejante, lo que hace suponer que la altura a la mazorca no influye necesariamente en el rendimiento.
- 7.- En cuanto a volúmenes aplicados existieron diferencias altamente significativas notándose que el volumen aplicado en los tratamientos de riego por surcos alternos fue inferior al aplicado al tratamiento de riego por surcos con convencionales, pero este ahorro se reflejó en el rendimiento de dichos tratamientos que fueron bajos en general.
- 8.- El sistema de riego por surcos alternos evita en cierta medida la incidencia de malezas, reduce la mano de obra y da más rapidez al riego.

## RECOMENDACIONES

- 1.- Para que pueda haber una distribución más uniforme del agua en el suelo, es necesario reducir la distancia entre surcos para los tratamientos de riego por surcos alternos.
- 2.- Buscar otra forma de medir el abatimiento de la humedad aprovechable y no hacerlo en base a un solo tratamiento ya que de esta forma se somete a altas tensiones de humedad a los tratamientos restantes.
- 3.- Realizar estudios donde se relacione la aplicación de abonos orgánicos con el riego por surcos alternos, como alternativa para aumentar la eficiencia del uso del agua.
- 4.- Se recomienda ampliar los niveles de humedad aprovechable para no someter a las plantas a fuertes restricciones de humedad.
- 5.- Tomar en cuenta las etapas críticas del cultivo, pues en este experimento se corroboró que al faltar humedad en dichas etapas se ven reducidos fuertemente los rendimientos.

## RESUMEN

En este trabajo se reportan los resultados de un experimento realizado en el campo experimental de la Facultad de -- Agronomía de la U.A.N.L., localizado en el municipio de Marín, N.L. durante el ciclo primavera - verano de 1983.

El objetivo de este trabajo fue evaluar el sistema de -- riego por surcos alternos contra el sistema de riego por surcos convencionales, con la finalidad de desarrollar una metodología que nos permita hacer un uso mas eficiente del agua - de riego manteniendo los rendimientos y reduciendo los costos de producción.

La variedad utilizada fué la NL VS-2, con una densidad - de siembra 10 Kg/ha. El diseño experimental utilizado fue el de bloques al azar con 5 tratamientos y 4 repeticiones dando un total de 20 unidades experimentales.

Para determinar la humedad del suelo se utilizó el método gravimétrico y para la obtención de las muestras se utilizó la barrena Veihmeyer. Los muestreos se hicieron en los -- estratos de 0-30, 30-60 y 60-90 cms.

Para la aplicación de los riegos se condujo el agua por gravedad hasta la unidad experimental y una vez ahí se aplica

ba por medio de sifones, con el objeto de medir el volumen --  
aplicado, además se considero una eficiencia de aplicación --  
del 60%.

Las variables que se analizaron estadísticamente fueron:  
rendimiento de grano, eficiencia del uso del agua, altura de  
plantas, altura a la mazorca, porcentaje de materia seca, y -  
volumenes aplicados.

El mejor tratamiento para rendimiento fue el de riego --  
por surcos convencionales, también se concluyó que la etapa -  
crítica de llenado de grano tiene gran influencia sobre los -  
rendimientos finales, la eficiencia del uso del agua por el -  
cultivo fue baja, en cuanto a la producción de materia seca -  
se consideró alta en el tratamiento de riego por surcos con--  
vencionales, no así en los tratamientos restantes, además pa--  
ra volumenes aplicados concluimos que si se tuvo ahorro en --  
los tratamientos de riego por surcos alternos, pero este - -  
ahorro implicó reducciones en el rendimiento, debido a que se  
distorsiono el patron de cultivos. Se pudo notar que los re--  
sultados obtenidos para los muestreos de humedad fueron muy -  
confiables.

## BIBLIOGRAFIA

- 1.- AGUILERA, E.J. 1981. Método de riego en el cultivo del --  
maíz y el frijol ciclo agrícola 1977-78. Folleto  
de resultados de investigaciones en metodos de --  
riego. CENAMAR, SARH.
- 2.- ALDRICH, S.R. y E.R. LENG. 1974. Producción moderna del -  
maíz. 2a. Edición. Ed. Hemisferio sur. Buenos Ai-  
res, Argentina.
- 3.- ANONIMO. 1965. Agua. 1a. Edición. Ed. Herrero, S.A. Méxi-  
co, D.F.
- 4.- ANONIMO. 1963. Apuntes del curso Metodos de riego a Uni--  
versidades. CENAMAR, SARH. Cd. Lerdo, Dgo.
- 5.- BRUCE, R.R. 1965. Cotton Row Spacing as it Affects Soil--  
Water Utilization and Yield. Agron. J. 57 (4).
- 6.- DENMEAD, O.T. y R.H. 1960. The Effects of Soil Moisture -  
Strees at Different Stages of Growth on the - -  
Development and Yield Corn. Agron. J. 52 (3).
- 7.- DENMEAD, O.T. y R.H. 1962. Availavility of Soil Water to  
Plants as Affected by Soil Moisture Content. - -  
Agron. J. 54 (6).
- 8.- DOMINGUEZ, G.T.F. 1971. El riego. Su implantación y su --  
técnica. 1a. Edición. Ed. Dossat, S.A. España.
- 9.- FERNANDEZ, G.R. y R.J. LAIRD. 1958. Efecto de la humedad  
del suelo y la fertilización con nitrógeno sobre  
el rendimiento y la calicad del trigo. Folleto --  
técnico núm. 27. S.A.G. México, D.F.

- 10.- GARCIA, de M.E. et-al 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Koppen para la República Mexicana. Instituto de Geografía de la U.N.A.M.
- 11.- GUZMAN, C.I. 1981. Ecuaciones de predicción de las constantes hídricas (CC y PMP) a partir de la textura de la capa arable de los suelos del Edo. de Nuevo León. Facultad de Agronomía U.A.N.L. Tesis profesional.
- 12.- HAWKING, B.S. y H.A. PEACOCK. 1968. Effect of Skip-Row Culture on Agronomic and Fiber Properties of Upland Cotton (*Gossypium hirsutum* L.) Varieties. - - Agronom. J. 60 (2).
- 13.- HIDALGO, G.A. 1971. Métodos modernos de riego por superficie. 1a. Edición. Ed. Aguilar, S.A. España.
- 14.- ISRAELSEN, O.W. y V.E. HANSEN. 1965. Principios y aplicaciones del riego. Ed. Reverté, S.A. México.
- 15.- KRAMER, P.J. 1974. Relaciones hídricas de suelos y plantas. Una síntesis moderna. 1a. Edición. Edutex. - S.A. México, D.F.
- 16.- LONGENECKER, D.E., E.L. THAXON, Jr. y P.J. LYERLY, 1969. Variable Row Spacing of Irrigated Cotton as a - - Means for Reducing Production Costs and Conserving Water. Agron. J. 61 (4).
- 17.- MARINATO, M.R. 1978. Respuesta del trigo a variaciones de la humedad del suelo en diferentes etapas de crecimiento. Tesis de Maestría Colegio de Postgraduados de Chapingo México.

- 18.- MILLER, E.V. 1967. Fisiología Vegetal. 1a. Edición. Ed. Hispano-Americana. México.
- 19.- MUSICK, J.T. y D.A. DUSEK. 1982. Skip Planting and Irrigation of Graded Furrows. Transactiones of ASAE 25 (1).
- 20.- NADY, H.A. 1969. Efficiency of Water Use by Irrigated -- Wheat in Sudan. Journal Agriculture. Sci. 73.
- 21.- PALACIOS, V.E. 1963. Cuánto, cuándo y como regar. Memo--randum técnico núm. 195 S.R.H.
- 22.- REBOUR. H. y M. DELOYE. 1971. El riego. 2da. Edición. -- Ed. Mundi-prensa Madrid, España.
- 23.- ROJAS, G.M. 1971. Fisiología vegetal aplicada 2da. Edi--ción. Ed. McGraw Hill. Mty. N.L. México.
- 24.- RZEDOWSKY, J. 1981. Vegetación de México, 1a. Edición. - Ed. LIMUSA. México, D.F.
- 25.- SAUCHELLI, V. 1973. Guanos y fertilizantes de México. -- Boletín técnico núm. 8. México.
- 26.- SALINAS, R.A. et-al. 1979. Efecto de la tensión de hume--dad del suelo en tres etapas fenologicas del cul--tivo del trigo. Facultad de Agronomía U.A.N.L. -- Tesis Profesional.
- 27.- SANCHEZ, S.C.H. 1963. Apuntes de Distritos de Temporal - Facultad de Agronomía U.A.N.L.



**APENDICE**

Tabla 1. Propiedades físico - químicas en el lote experimental. "Sistema de riego por surcos alternos en el cultivo del maíz". Primavera-verano 1983 Marin; N.E.

Características físicas	Estrato del suelo analizado		
	0 - 30	30 - 60	60 - 90
% de Arena	32	16	34
% de Limo	10	27	14
% de Arcilla	58	57	52
Clasif. por tex.	Arcilloso	Arcilloso	Arcilloso
Da gr/cm <sup>3</sup>	1.27	1.42	1.50
Humedad a CC %	25.31	26.88	25.38
Humedad a PMP %	10.36	11.48	12.15
Humedad aprovech. %	14.95	15.40	13.23

Características químicas	Estrato de suelo analizado			Observaciones
	0 - 30	30 - 60	60 - 90	
Ph	7.6	8.1	8.4	lig. alcali.
Materia org. %	1.8	1.9	1.7	med. pobre
CE mmhos/cm.	2.7	2.7	2.6	lig. salino
Nitrógeno %	0.16	0.14	0.09	med. pobre
Fósforo p.p.m.	4.4	5.2	4.8	bajo
Potasio Kg/ha.	380	390	370	muy rico

Tabla 2. Características químicas del agua de riego. "Sistema de riego por surcos alternos en el cultivo del maíz". Primavera - verano 1983, Marín, N.L.

Característica	Valor	Observaciones
CE x 10 <sup>6</sup> a 25°C	1250	Altamente salina
Ph	7.5	
Ca, en me/l	4.6	
Mg, en me/l	2.1	
Na, en me/l	5.7	
K, en me/l	—	
Suma de cationes en me/l	12.5	
CO <sub>3</sub> en me/l	0.2	
HCO <sub>3</sub> , en me/l	1.1	
Cl, en me/l	6.2	No recomendable
SO <sub>4</sub> , en me/l	5.2	
NO <sub>3</sub> , en me/l	—	
Suma de aniones, en me/l	12.4	
SE, en me/l	7.9	Condicionada
SP, en me/l	9.5	Condicionada
RAS	3.1	Baja
CSR, en me/l	0.0	Buena
PSP, en me/l	70.4	Condicionada
B, en p.p.m.	—	
Clasificación	C <sub>3</sub> S <sub>1</sub>	Altamente salina, alta en sodio

Tabla 3. Muestreo de humedad realizado el 30 de marzo de 1985 para la aplicación del primer riego de auxilio. -- "Sistema de riego por surcos alternos en el cultivo del maíz". Marin, N.L.

Bloque	Prof.	Tratam.	% de hum. (Ps)	Lr (cm.)
I	0 - 30	1	17.60	2.93
	30 - 60	1	15.80	4.72
	60 - 90	1	14.44	4.92
	0 - 30	2	16.47	3.36
	30 - 60	2	15.16	4.99
	60 - 90	2	14.18	5.26
	0 - 30	3	17.46	2.99
	30 - 60	3	13.98	5.50
	60 - 90	3	13.20	5.48
	0 - 30	4	18.14	2.73
	30 - 60	4	15.09	5.02
	60 - 90	4	14.70	4.80
	0 - 30	5	17.50	2.97
	30 - 60	5	13.42	5.73
	60 - 90	5	15.56	4.41
II	0 - 30	1	18.36	2.64
	30 - 60	1	16.37	4.47
	60 - 90	1	16.21	4.12
	0 - 30	2	16.18	3.47
	30 - 60	2	15.82	4.71
	60 - 90	2	16.35	4.06
	0 - 30	3	18.23	2.69
	30 - 60	3	14.09	5.53
	60 - 90	3	14.33	4.97
	0 - 30	4	17.47	2.98
	30 - 60	4	15.03	5.04
	60 - 90	4	14.90	4.71
	0 - 30	5	18.52	2.53
	30 - 60	5	13.39	5.74
	60 - 90	5	13.06	5.54

Continua tabla 3.

Bloque	Prof.	Tratam.	% de hum. (Ps)	Lr (cm.)
III	0 - 30	1	17.60	2.93
	30 - 60	1	15.58	4.81
	60 - 90	1	13.84	5.19
	0 - 30	2	16.95	3.18
	30 - 60	2	15.18	4.98
	60 - 90	2	13.00	5.57
	0 - 30	3	19.56	2.19
	30 - 60	3	17.55	4.40
	60 - 90	3	14.48	4.69
	0 - 30	4	20.36	1.83
	30 - 60	4	17.56	3.97
	60 - 90	4	17.25	3.65
	0 - 30	5	19.83	2.03
	30 - 60	5	13.42	5.73
	60 - 90	5	12.68	5.71
IV	0 - 30	1	17.32	3.04
	30 - 60	1	13.61	5.65
	60 - 90	1	13.36	5.40
	0 - 30	2	21.88	1.30
	30 - 60	2	16.67	3.92
	60 - 90	2	13.04	6.14
	0 - 30	3	17.50	2.97
	30 - 60	3	14.42	5.30
	60 - 90	3	13.45	5.36
	0 - 30	4	18.11	2.74
	30 - 60	4	14.08	5.45
	60 - 90	4	14.36	4.95
	0 - 30	5	17.30	3.07
	30 - 60	5	14.38	5.32
	60 - 90	5	14.06	5.09

Tabla 4. Muestreo de humedad realizado el 23 de abril de 1983 para la aplicación del segundo riego de auxilio.

"Sistema de riego por surcos alternos en el cultivo del maíz. Marin, N.L.

Bloque	Prof.	Tratam.	% de hum. (Ps)	Lr (cm.)	
I	0 - 30	1	17.10	3.12	
	30 - 60	1	20.19	2.85	
	0 - 30	2	16.09	3.51	
	30 - 60	2	20.02	2.92	
	0 - 30	3	15.17	3.86	
	30 - 60	3	15.00	5.05	
	0 - 30	4	14.60	5.18	
	30 - 60	4	14.09	5.44	
	0 - 30	5	18.47	2.60	
	30 - 60	5	16.61	4.33	
	II	0 - 30	1	16.00	3.54
		30 - 60	1	18.05	3.76
		0 - 30	2	15.64	3.68
		20 - 60	2	18.78	3.45
0 - 30		3	14.17	4.28	
30 - 60		3	16.40	4.45	
0 - 30		4	14.28	4.20	
30 - 60		4	17.00	4.20	
0 - 30		5	17.84	2.84	
30 - 60		5	16.90	4.25	
III	0 - 30	1	18.31	2.66	
	30 - 60	1	18.11	3.73	
	0 - 30	2	16.94	3.18	
	30 - 60	2	16.47	4.43	
	0 - 30	3	16.26	3.44	
	30 - 60	3	15.19	4.98	
	0 - 30	4	15.71	3.65	
	30 - 60	4	15.03	5.04	
	0 - 30	5	18.53	2.58	
	30 - 60	5	16.94	4.23	

Continua tabla 4.

Bloque	Prof.	Tratam.	% de hum. (Ps)	Lr (cm.)
IV	0 - 30	1	15.88	3.59
	30 - 60	1	18.44	3.60
	0 - 30	2	17.83	2.85
	30 - 60	2	16.62	4.37
	0 - 30	3	16.38	3.40
	30 - 60	3	16.02	4.62
	0 - 30	4	17.25	3.07
	30 - 60	4	16.10	4.59
	0 - 30	5	18.16	2.72
	30 - 60	5	15.90	4.67

Tabla 5. Muestreo de humedad realizado el 9 de mayo de 1983 para la aplicación del tercer riego de auxilio. -- "Sistema de riego por surcos alternos en el cultivo del maíz". Marin, N.L.

Bloque	Prof.	Tratam.	% de hum. (Ps)	Lr (cm.)
I	0 - 30	1	16.29	3.44
	30 - 60	1	14.09	5.44
	0 - 30	2	17.03	3.15
	30 - 60	2	14.34	5.34
	0 - 30	3	16.01	3.54
	30 - 60	3	15.18	4.98
	0 - 30	4	18.12	2.73
	30 - 60	4	17.24	4.10
	0 - 30	5	18.28	2.67
	30 - 60	5	17.71	3.90

Continua tabla 5.

Bloque	Prof.	Tratam.	% de hum. (Ps)	Lr (cm )
II	0 - 30	1	15.36	3.40
	30 - 60	1	14.90	5.10
	0 - 30	2	15.16	3.86
	30 - 60	2	14.44	5.29
	0 - 30	3	17.50	2.97
	30 - 60	3	14.90	5.10
	0 - 30	4	17.49	2.97
	30 - 60	4	13.93	5.51
	0 - 30	5	19.58	2.18
	30 - 60	5	17.22	4.11
III	0 - 30	1	15.09	3.51
	30 - 60	1	14.28	5.36
	0 - 30	2	19.56	2.18
	30 - 60	2	17.23	4.11
	0 - 30	3	15.18	3.85
	30 - 60	3	15.00	5.06
	0 - 30	4	13.14	2.73
	30 - 60	4	14.71	5.18
	0 - 30	5	13.01	2.78
	30 - 60	5	17.80	3.86
IV	0 - 30	1	15.88	3.59
	30 - 60	1	14.28	5.36
	0 - 30	2	17.24	3.07
	30 - 60	2	17.87	3.84
	0 - 30	3	17.83	2.84
	30 - 60	3	15.39	4.46
	0 - 30	4	17.65	2.91
	30 - 60	4	15.20	4.54
	0 - 30	5	17.87	2.83
	30 - 60	5	17.49	4.00



Tabla 6. Datos diarios de temperaturas máximas, mínimas y media, precipitación y evaporación durante el ciclo de cultivo, Primavera - verano 1983, Marin, N.L.

Mes	Día	Temperatura en °C			Pp (mm.)	Evaporación (mm.)
		Max.	Min.	Media		
Marzo	1	30	9	19.5		4.67
	2	29	11	20		5.25
	3	35	12	23.5		4.81
	4	35	15	25		5.61
	5	33	13	23		5.40
	6	34	10	22		3.97
	7	34	7	20.5		7.59
	8	31	9	20		6.08
	9	24	10	17	1.6	2.61
	10	23	12.5	18		3.59
	11	26	6	16		3.54
	12	29	9	19	3.5	3.50
	13	28	7	17.5	7.5	3.59
	14	31	12	21.5		4.63
	15	24	14	19		7.27
	16	27	10	18.5		11.33
	17	28	6	17		6.12
	18	24	10	17		5.48
	19	23	10	16.5		4.39
	20	15	5	10		4.81
	21	21	10	15.5		3.72
	22	31	12	21.5	2.0	2.11
	23	32	12	22	2.0	6.25
	24	30	10	20		7.16
	25	28	8	18		9.04
	26	22	6	14		9.12
	27	26.5	7	17		11.96
	28	29	8.5	19		9.18
	29	30	19	24		4.52
	30	36	14	25		7.07
	31	30	11	20.5		5.62

Continúa tabla 6.

Mes	Día	Temperatura en °C			Pp (mm.)	Evaporación (mm.)
		Max.	Min.	Media		
Abril	1	36	14	25		6.47
	2	38	18	28		7.22
	3	29	12	20.5		7.18
	4	32	11	21.5		8.06
	5	33	12	22.5		9.12
	6	27	10	18.5		7.57
	7	24	9	16.5		6.02
	8	21	14	17.5		5.59
	9	21	8	14.5		7.30
	10	26	12	19		8.01
	11	33	13	23		8.57
	12	37	13	25		9.56
	13	38.5	15	27		12.35
	14	28	17	22.5		10.12
	15	13	11	20.5		9.82
	16	28	12	20		10.08
	17	27	13	20		9.34
	18	36	11	23.5		10.32
	19	39	13	26		10.36
	20	37	17	27		9.14
	21	34	20	27		8.28
	22	35	20	27.5		7.59
	23	36	16	26		8.39
	24	39.5	15	27.3		8.81
	25	30	15	22.5		8.28
	26	32	16	24		8.03
	27	32	18	25		6.69
	28	35	19	27.5		6.30
	29	34	20	27		6.18
	30	35	21	28		7.53

Continua tabla 6.

Mes	Día	Temperatura en °C			Pp (mm.)	Evaporación (mm.)
		Max.	Min.	Media		
Mayo	1	42	22	32		4.09
	2	46	22	34		7.32
	3	33	24	28.5		5.48
	4	31	17	24		6.21
	5	33	19	26		4.98
	6	32	14	23		6.76
	7	33	16	24.5		5.76
	8	33	18	25.5		5.60
	9	34	20	27	2.0	5.40
	10	34	22	28	1.0	6.04
	11	36	22	29		7.18
	12	34	23	28.5		5.76
	13	34	22	28		5.48
	14	38	22	30		6.77
	15	42	24	33		7.26
	16	32	20	26		5.24
	17	34	20	27		6.16
	18	37	22	29.5		6.65
	19	38	27	32.5		7.12
	20	42	22	32		6.96
	21	38	22	30		6.18
	22	33	22	27.5		3.48
	23	32	22	27		7.20
	24	34	22	28	36.2	7.75
	25	33	22	27.5	34.8	1.08
	26	27	20	23.5	35.6	3.18
	27	27	20	23.5	36.0	4.55
	28	26	19	22.5	5.2	4.16
	29	27	19	23		7,03
	30	33	18	25.5		8.57
	31	32	20	26		9.35

Continúa tabla 6.

Mes	Dia	Temperatura en °C			Pp (mm.)	Evaporación (mm.)
		Max.	Min.	Media		
Junio	1	31	21	26		2.31
	2	33	21	27		6.66
	3	33	24	28.5		7.05
	4	34	24	29		8.10
	5	34	23	28		8.54
	6	33	23	28	7.40	9.38
	7	25	18	21.5		9.38
	8	31	16	23.5		2.15
	9	32	19	25.5		7.44
	10	33	22	27.5		7.67
	11	33	23	28		7.15
	12	34	23	28.5		6.58
	13	33.5	22	27.5		6.99
	14	34	24	29		6.91
	15	34	24	29		8.28
	16	31	21	26		4.77
	17	32	22	27		5.16
	18	33	22	27.5		6.47
	19	35	23	29		7.52
	20	35	22	28.5		8.77
	21	35	22.5	28.7		8.58
	22	35	23	29		6.09
	23	35	23	29		7.85
	24	36	23	29.5	13.0	9.16
	25	36	23	29.5		8.41
	26	40.5	23	31.7		9.53
	27	39	22	30.5		8.03
	28	36	26	31		8.28
	29	37	24	30.5		7.35
	30	36	25.5	30.7		6.52

