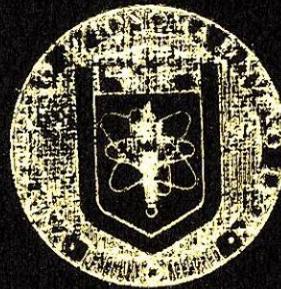


UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE AGRONOMIA



RIEGO POR SURCOS ALTERNOS EN EL  
CULTIVO DEL FRIJOL. (Phaseolus vulgaris L.)

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO AGRONOMO FITOTECNISTA

PRESENTA

JONAS LOPEZ JUAREZ

MARIN, N. L.

FEBRERO DE 1984.

T

SB327

L66

c.1



1080062117

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON  
FACULTAD DE AGRONOMIA



RIEGO POR SURCOS ALTERNOS EN EL CULTIVO  
DEL FRIJOL. (Phaseolus vulgaris L.)

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO AGRONOMO FITOTECNISTA  
PRESENTA

JONAS LOPEZ JUAREZ

MARIN, N. L.

INVENTARIADO  
A AUBITORIA  
U.A.N.L.  
FEBRERO DE 1984.  
5613 *gn*

T  
SB327  
L66

040.635

FD 1  
184

C 5



Biblioteca Central  
Magna Solidaridad

F. tesis



FONDO  
TESIS LICENCIATURA

## AGRADECIMIENTO

AGRADEZCO A LOS INGENIEROS BENJAMIN S. IBARRA RUIZ, CARLOS H. SANCHEZ SAUCEDO, CECILIO ESCAREÑO, POR SU AYUDA DESINTERESADA QUE ME BRINDARON PARA LA REALIZACION DE ESTE TRABAJO.

AL ING. BENJAMIN S. IBARRA RUIZ, MI RECONOCIMIENTO COMO PERSONA, MAESTRO Y ASESOR.

AGRADEZCO A TODAS LAS PERSONAS, COMPAÑEROS Y AMIGOS QUE INTERVINIERON EN LA REALIZACION DE ESTE TRABAJO.

INVENTARIADO  
AUDITORIA  
D.A.N.L.

## DEDICATORIA

Esta tesis está dedicada mis padres Andrés López Uresti, y Natividad Juárez de López (+), quienes desde pequeño me -  
guiaron a estudiar y siempre me dieron su apoyo.

A mis hermanos:

Armandina

Teresa

Angélica

Josefa

Armando

Andrés

Valentín

Antonio

Juan Sergio

Luz Laura (+)

A mis familiares y amigos.

## INDICE GENERAL

	PAG.
INTRODUCCION - - - - -	1
REVISION DE LITERATURA - - - - -	3
Características de las zonas áridas y semiáridas en México - - - - -	3
El cultivo del frijol en México - - - - -	5
Tensión hídrica en el cultivo del frijol - - - - -	8
Método de riego por surcos o líneas - - - - -	9
Riego por surcos alternos - - - - -	12
Proposiciones sobre la eficiencia del riego por la Comisión Internacional de Riego y Drenaje (1974) - - - - -	14
Eficiencia del riego - - - - -	18
Eficiencia de aprovechamiento del agua por los cultivos - - - - -	21
Antecedentes del riego por surcos alternos - - - - -	24
MATERIALES Y METODOS - - - - -	36
RESULTADOS Y DISCUSION - - - - -	56
CONCLUSIONES - - - - -	67
RECOMENDACIONES - - - - -	69
RESUMEN - - - - -	70
BIBLIOGRAFIA - - - - -	73
APENDICE - - - - -	77

## INDICE DE TABLAS

Pág.

TABLA I.	Rendimiento de semilla y Rendimiento promedio en kg/ha. para cada uno de los tratamientos. Riego por surcos - alternos en el cultivo del frijol. - Marín, N.L., ciclo Primavera-Verano, 1983.	56
TABLA II.	Análisis de varianza para el rendimiento de semilla (Kg/Ha) "Riego por surcos alternos en el cultivo del -- frijol". Marín, N.L. Ciclo Primavera - Verano, 1983.	57
TABLA III.	Prueba de comparación de medias de los tratamientos para la variable rendimiento de semilla (Kg/Ha) "Riego por surcos alternos en el cultivo del frijol". Marín, N.L., Ciclo Primavera-Verano 1983.	58
TABLA IV.	Volumén de agua aplicado en m <sup>3</sup> /Ha en cada uno de los tratamientos <u>a</u> sí como los promedios. "Riego por surcos alternos en el cultivo del frijol", Marín, N.L. Ciclo Prima-	

vera-Verano 1983.

TABLA V. Análisis de varianza para la variable volumen de agua aplicada ( $M^3$ /Ha) "Riego por surcos alternos en el cultivo del frijol", Marín, N.L., Ciclo Primavera-Verano 1983.

60

TABLA VI. Prueba de comparación de medias de los tratamientos para la variable volumen de agua aplicado ( $M^3$ /Ha). "Riego por surcos alternos en el cultivo del frijol" Marín, N.L., Ciclo Primavera-Verano 1983.

62

TABLA VII. Eficiencia del uso del agua en  $M^3$  de agua por kg de semilla para cada uno de los tratamientos así como su promedio. "Riego por surcos alternos en el cultivo del frijol", Marín, N.L. Ciclo Primavera-Verano 1983.

63

TABLA VIII. Análisis de varianza para la va

riable eficiencia del uso del a  
gua M<sup>3</sup> de agua por kg de semilla  
producida. "Riego por surcos al-  
ternos en el cultivo del frijol"  
Marín, N.L., Ciclo Primavera-Ve  
rano 1983.

64

TABLA IX. Promedios para cada uno de los -  
tratamientos de volumen en M<sup>3</sup> de  
agua aplicado por Ha, rendimien-  
to de semilla en Kg/Ha y eficien-  
cia del uso del agua M<sup>3</sup> de agua  
aplicado por kg de semilla produ-  
cida. "Riego por surcos alternos  
en el cultivo del frijol", Marín  
N.L., Ciclo Primavera-Verano 1983

65

TABLA 1A. Características físicas y químicas del lote experimental "Riego por surcos alternos en el cultivo del frijol, Marín, N.L., Ci-  
clo Primavera-Verano 1983.

78

TABLA 2A. Características del agua de rie-  
go, "Riego por surcos alternos -

	<u>Pág.</u>
en el cultivo del frijol", Marín, N.L. Ciclo Primavera-Verano 1983.	79
TABLA 3A. Características de elementos cli- maticos que se presentaron duran- te el experimento "Riego por sur- cos alternos en el cultivo del - frijol" Marín, N.L. Ciclo Prima- vera-Verano 1983.	80
TABLA 4A. Contenido de humedad en el suelo antes de la aplicación del pri- mer riego y láminas de riego. -- "Riego por surcos alternos en el cultivo del frijol. Marín, N.L., Ciclo Primavera-Verano 1983.	87
TABLA 5A. Contenido de humedad en el suelo antes de la aplicación del segun- do riego y láminas de riego. "Rie- go por surcos alternos en el cul- tivo del frijol" Marín, N.L., Ci- clo Primavera-Verano 1983.	89
TABLA 6A. Contenido de humedad en el suelo antes de la aplicación del tercer.	

	riego y láminas de riego "Riego por surcos alternos en el cultivo del frijol" Marín, N.L. Ciclo Primavera-Verano 1983.	91
TABLA 7A.	Rendimiento de semilla en kg/Ha para cada uno de los tratamientos. "Riego por surcos alternos en el cultivo del frijol" Marín N.L. Ciclo Primavera-Verano 1983	93
TABLA 8A.	Volumen de agua aplicada M <sup>3</sup> /Ha a cada uno de los tratamientos "Riego por surcos alternos en el cultivo del frijol" Ciclo - Primavera-Verano 1983.	93
TABLA 9A.	Eficiencia del uso del agua en M <sup>3</sup> de agua por kg de semilla - para cada uno de los tratamientos. "Riego por surcos alternos en el cultivo del frijol". Ciclo Primavera-Verano 1983.	94
TABLA 10A.	Guía para la reflexión sobre la	

Pág.

eficiencia del riego propuesta -  
por la Comisión Internacional de  
Riego y Drenaje (1974).

95

## INDICE DE FIGURAS Y CUADROS

	<u>Pág.</u>	
Fig. 1.	Cróquis del experimento. Distribución de los tratamientos en el campo. "Riego por surcos alternos en el cultivo del frijol" Marín, N.L. Ciclo Primavera-Verano 1983.	41
Fig. 2.	Ubicación de los bloques en el sitio experimental. "Riego por surcos alternos en el cultivo del frijol" Ciclo Primavera-Verano 1983, Marín, NL	42
Fig. 3.	Curva que relaciona la carga hidráulica y el gasto, para sifones de una pulgada de diámetro. "Riego por surcos alternos en el cultivo del frijol" Marín, N.L. Ciclo Primavera-Verano 1983.	47
Fig.1A.	Control de la carga hidráulica "Riego por surcos alternos en el cultivo del frijol" Marín, N.L. Ciclo Primavera-Verano 1983.	100
Fig. 2A.	Medición de la carga hidráulica de	

	<u>Pág.</u>
<p>los sifones en el momento de riego.            "Riego por surcos alternos en el -            cultivo del frijol" Marín, N.L., -            Ciclo Primavera-Verano 1983.</p>	100
<p>Fig. 3A.      Climograma y fenología. "Riego por            surcos alternos en el cultivo del            frijol" Ciclo Primavera-Verano ---            1983. Marín, N.L.</p>	101
<p>Cuadro 1.    Cantidad de agua que requieren al            gunos cultivos, en kg de agua pa-            ra producir 1 kg de materia seca.</p>	23

## INTRODUCCION

En México las zonas de clima seco constituidas por zonas desérticas y áridas y semiáridas, ocupan el 71.66% de la superficie del territorio nacional. Las alternativas de explotación vegetal que permiten las zonas de clima seco son la explotación de plantas nativas como guayule, gobernadora, etc., y la explotación agrícola constituida por la agricultura de riego y la agricultura de temporal. Las áreas susceptibles a la agricultura de riego y de temporal son de 10 y 20 millones de hectareas respectivamente. Para aprovechar al máximo las tierras susceptibles a la agricultura de riego, no solo se requiere de una infraestructura hidráulica, sino también de una tecnología que permita eficientizar la distribución y la aplicación del agua de riego, ya que de los 10 millones de hectareas se ha encontrado que solo se riegan 5.4 millones de hectareas, con los recursos hídricos disponibles y utilizando métodos de riego convencionales en su mayoría. Lo anterior sirve para denotar que las regiones agrícolas de riego en México el agua es uno de los elementos de mayor importancia que intervienen en la producción de los cultivos debido a que: a) es escasa como consecuencia de las condiciones geográficas y climáticas del país; b) casi la mitad de las tierras susceptibles al riego no están bajo uso agrícola por la escases del agua y por el efecto de otros factores; c) es esencial para la obtención de cosechas. Los métodos de riego por superficie aunque originan el desperdicio del agua resultan ser los

más económicos entre los sistemas de riego que existen siendo los más utilizados en México por el efecto de los altos costos de producción y bajas productividades. En virtud de la escasez del agua y del uso de métodos de riego que originan el desperdicio del agua dando lugar a una baja eficiencia del uso del agua, es necesaria la investigación destinada a optimizar el uso del agua para llegar a implementar nuevos métodos de riego que proporcionen un ahorro del agua y que aunados a una producción permitan que esta última sea lo más rentable posible, existen diferentes alternativas para tratar de solucionar este problema, tales como la técnica del acolchado, el uso de antitranspirantes, uso racional de láminas de riego, el riego por surcos alternos, etc. En algunos lugares a nivel mundial se ha encontrado que el riego por surcos alternos permite el ahorro del agua de riego sin que se aprecie una reducción significativa en la producción, además se ha encontrado que permite el ahorro de mano de obra. Uno de los factores que están limitando la producción en el cultivo del frijol es el uso ineficiente del agua de riego.

Lo anteriormente citado fué el motivo del presente trabajo que tiene por objetivo probar el método de riego por surcos alternos en el cultivo del frijol, para tratar de desarrollar una metodología de uso de agua que permita hacer más eficiente el uso del agua de riego bajo las condiciones de Marín Nuevo León.

## REVISION DE LITERATURA

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

Distribución de zonas áridas.

Rzedowski determina tres regiones áridas para México:

Región árida "Sonorense", abarca la planicie costera de Sonora y la mayor parte de la extensión de Baja California, es la zona más caliente de México, la temperatura media del mes más caliente es superior a los 30°C y la del mes más frío de 10°C, siendo libre de heladas, las temperaturas medias máximas son superiores a los 45°C, la precipitación es menor a 200 mm anuales.

Región árida "Chihuahuense", abarca la mayor parte del Altiplano desde el Oeste de Hidalgo hasta el norte de Guanajuato y Aguascalientes hasta la frontera con los Estados Unidos extendiéndose un poco a la planicie costera Nororiental en el extremo boreal de Tamaulipas y áreas adyacentes de Nuevo León; se presentan temperaturas medias de 25 a 30°C inviernos rigurosos con heladas frecuentes y pronunciadas, las precipitaciones medias anuales son de 200-500 mm.

Islotes de aridéz, ocupan partes de los estados de Querétaro, Puebla, Hidalgo y Oaxaca; los islotes se encuentran ligados entre sí con la región árida "Chihuahuense" por un corredor continuo de clima semiseco; los islotes no son ex-

tremosos en escala estacional, ya que la altitud impide que sean más calientes; las precipitaciones son menores de los-400 mm (24).

#### Suelos.

En general en las zonas áridas y semi-áridas los suelos están caracterizados 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, tienden a favorecer la presencia de cantidades de calcio, fósforo y potasio causando la acumulación en excesos de sales solubles y por lo tanto la formación de --suelos salinos (22).

#### Zonas áridas y semi-áridas en Nuevo León.

En Nuevo León según Rojas Garcidueñas (1957), de los -6.5 millones de hectáreas del Estado, el 52% son semi-áridas y áridas y el 28% son francamente 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 deficiente humedad y las zonas áridas son áreas en las que no ha sido posible obtener cosechas costeables en ningún año (23).

#### Grado de Aridéz.

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 este índice, tenemos que México ocupa un 71.66% de zonas de 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 cultivo del frijol en México.

Después del maíz, el frijol es el cultivo más importante en México por la superficie que se siembra, por la actividad económica que genera, y por el volumen de grano consumido por persona.

El frijol ha sido hasta ahora, debido a su menor costo, la principal fuente de proteína para el sector rural y urbano de bajos ingresos, pues en 1980 un kilogramo de proteína de carne de res (15.2% de proteína y 100 pesos el kilogramo de bistec) costaba 659.90 pesos, en tanto que un kilogramo de proteína de frijol (24% y 15 pesos el kilogramo de semilla) costaba 62.50 pesos.

En el período de 1970 a 1975 se sembraron con frijol un promedio de 1.762,000 hectáreas anuales, y se obtuvo una producción media de 960,000 toneladas con rendimiento medio de 545 kg/Ha; la producción en tales años fué suficiente para -

surtir la demanda interna de frijol, llegándose inclusive a acumular un excedente de aproximadamente 500,000 toneladas. A partir de entonces la superficie cosechada ha mostrado una variación considerable, por lo que la producción se mantuvo en su nivel normal únicamente en los años 1978 y 1980; esto trajo como consecuencia la importación en 1980 de alrededor de 250,000 toneladas de grano para satisfacer la demanda originada por la baja producción en 1979, debida principalmente a factores climáticos adversos, como sequía y heladas tempranas.

En todos los estados del país se siembra y cosecha frijol, en mayor o menor cantidad. En el norte de México se prefieren los frijoles bayo, pinto y ojo de cabra; en el noreste los tipos azufrados; en el centro del país se consume de todos colores y tamaño, pero preferentemente flor de mayo y canario; y en el sureste se siembran y prefieren los negros pequeños.

En cuanto a superficie y producción, destacan los estados de Zacatecas, Durango, Chihuahua, Jalisco, Tamaulipas, Nayarit, Guanajuato, Puebla, Sinaloa y Chiapas. Los estados de Nayarit, Sinaloa y Jalisco, además de tener una alta producción de grano, destacan por sus altos rendimientos.

En el ciclo Primavera-Verano se siembra la mayor superficie y se obtiene también la mayor producción de frijol: --

1.372,076 has y 530,839 toneladas, que representan el 83.83% y 68.26% del total nacional, respectivamente. En este ciclo los rendimientos son bajos (387 kg/ha), debido a varios factores: a) Sequía ocasionada por la escasa e irregular precipitación en la mayoría de la superficie sembrada de temporal; b) heladas tempranas, principalmente en el norte del país; y c) Sistemas de producción tradicionales, donde se usan variedades criollas, se utilizan bajas densidades de población, - se hace escaso uso de fertilizantes e insecticidas y, por con siguiente, hay un ataque severo de plagas y enfermedades.

En el ciclo de Otoño-Invierno se siembran y cosechan -- 264,627 Has y 246,859 toneladas de grano, que corresponden - al 16.17% y 31.74% de la superficie y producción nacionales, respectivamente. Es importante destacar que con sólo el 16% de la superficie cosechada a nivel nacional, se obtiene casi la tercera parte de la producción total; esto se explica por los buenos rendimientos unitarios, los cuales son de 933 kg/Ha.

No obstante lo anterior, aún existen algunos problemas- que están limitando la producción, como la deficiencia de humedad al final del ciclo en siembras de humedad residual, el uso ineficiente del agua de riego, la ocurrencia de lluvias- durante la cosecha, el deficiente uso de fertilizantes e insecticidas, y el ataque de enfermedades virosas. (2)

### Tensión hídrica en el cultivo del frijol.

Los resultados de muchos experimentos en las variaciones de la tensión del suelo en diferentes etapas del desarrollo de los cultivos sobre el rendimiento, indican que la mayoría de los cultivos anuales o bianuales no forrajeros son sensibles en forma diferencial a dichas tensiones. (Mojarro, citado por Palacios). (21).

Magalhaes, Millar y Choudury (18) realizaron un estudio sobre la respuesta fenológica del cultivo de frijol variedad IPA-74-19, a la tensión de agua en el suelo, se utilizó un diseño de bloques al azar, se proporcionaron períodos de tensión de agua en etapas específicas del crecimiento de la planta, el riego se mantuvo en un nivel óptimo antes y después de cada período de tensión de humedad. En cuanto al rendimiento de semilla, se encontró una diferencia significativa entre los efectos de tratamientos. La floración fué el período más crítico para la tensión del agua; un nivel potencial de humedad del suelo en 5 bares produjo una reducción del rendimiento de 36.85%. Al principio de la floración, una tensión de agua de 7 bares del potencial de humedad del suelo ocasionó una reducción del rendimiento de 20.49%. Al inicio y en las últimas etapas de la formación del fruto, un déficit hídrico del suelo de 2.7 bares causó un 24% de disminución en el rendimiento. Los resultados encontrados en el estudio mostraron claramente la alta sensibilidad del cultivo

al déficit hídrico durante la floración, esta sensibilidad -  
varía en sus tres etapas de su desarrollo.

Mojarro (citado por Palacios, 22) realizó un experimento en el cultivo del frijol sometiendo a sequía en 4 diferentes etapas de su desarrollo, observó una reducción en el rendimiento cuando hubo sequía durante la floración de un -- 65% respecto al testigo, el mismo castigo (dejar que el potencial de agua en las hojas lleguen hasta 15 bares), aplicado durante su primera etapa de desarrollo el rendimiento - se redujo en un 24% respecto al mismo testigo, el cual nunca estuvo sujeto a tensiones en el suelo mayores de 0.5 bares, dos castigos consecutivos durante la floración y maduración del grano redujeron el rendimiento en un 74% (no especifica la magnitud de los castigos).

El periodo crítico de consumo de agua para el cultivo - del frijol es desde la floración hasta unas tres semanas antes de la cosecha. (14).

Palacios (21) considera que la mayor parte de los trabajos realizados con el cultivo del frijol indican que es muy susceptible al déficit hídrico durante el período de floración observándose notable disminución en su rendimiento, tanto en grano como en vaina.

Método de riego por surcos o líneas.

Es el método más usado universalmente en los cultivos - que se plantan en hileras y se presentan también muy frecuentemente en el riego de frutales. Los surcos son canales pequeños en los que el agua se infiltra en dirección vertical y - lateral, al mismo tiempo que se mueve en el sentido de la -- pendiente.

Los surcos usualmente se construyen en el sentido de la pendiente cuando estas no son excesivas para evitar desbordamientos laterales.

Características generales de adaptación y diseño.

Suelos. Cualquier tipo de suelos, excepto arena de in-  
filtración rápida.

Pendiente. Menor de 1%, hasta de 15% cuando los surcos-  
son transversales a la pendiente natural del terreno.

Infiltración. De lenta a moderada.

Anchura entre surcos. Variable, normalmente se fija por  
el tipo de cultivo y la ~~maquinaria~~ agrícola que se va a usar.

Longitud. Depende de la infiltración y del gasto máximo  
permisible; es la distancia que el gasto del riego adecuado-  
máximo avanza en la cuarta parte del tiempo necesario para -  
que la lámina requerida se infiltre en el suelo.

Gasto máximo no erosivo. Se calcula con  $Q = 0.631/S$ .

donde: Q= Gasto no erosivo por surco en l.p.s.

S= Pendiente del surco en %

Tiempo en que se debe aplicar el riego. El tiempo estimado que se debe aplicar el gasto es el tiempo que se necesita para que la lámina neta se infiltre, más el tiempo necesario para que el gasto de riego alcance el extremo final del surco que se está regando.

Eficiencia. La eficiencia de riego en general es de 65% a 70%.

Cultivos. Todos los cultivos de escarda y que se siembran en hileras. (6).

Variables del método de riego por surcos.

Las principales variables del método de riego por surcos son:

Surcos rectos o de áreas planas, se caracterizan por tener forma de V, alineación recta, tiene uso extensivo para cultivos que se siembran en líneas, pendientes suaves hasta 0.4%, tolera gastos mayores de 3 l.p.s., se adapta a suelos planos y uniformes de textura media.

Surcos en contorno. En esencia es el mismo surcado de los de tipo plano, pero en vez de seguir la línea de la máxima pendiente se trazan al relieve del terreno procurando darle una inclinación constante; se adapta a casi todos los tipos de suelos a excepción de los muy permeables, pendientes recomendables de 2%, sin embargo se pueden establecer este tipo de surcos en pendientes muy pronunciadas.

Surcos pequeños o corrugaciones. Son surcos pequeños de 45-60 cm entre surcos y de 7 a 15 cm de profundidad, se utiliza para ciertos cultivos hortícolas, sirve para sustituir el sistema de riego por melgas en gramíneas cuando se tienen suelos con pendientes no adecuadas para este tipo de riego o se dispone de gastos muy pequeños. Se adapta hasta pendientes de 8% siempre y cuando se trazan en contorno, y a suelos de textura fina y ligeramente gruesa. (4).

Riego por surcos alternos.

Este método se utiliza desde 1941 en el Occidente de -- Los Estados Unidos, después de los trabajos de Mech y colaboradores.

Ha sido estudiado en Europa por los ingenieros rumanos Unciaschi, Renea y Botzan para dar riegos de  $500 \text{ m}^3/\text{ha}$  a las vegas de la llanura del Danubio, que tienen un nivel freático relativamente elevado.

El suelo se aloma como para irrigar por grandes surcos (así p. ej. en Rumania separan los caballones a 90 cm), se aplica el agua alternativamente en una de cada dos filas consecutivas, regando a la vez siguiente por las que antes quedaron secas.

Utilidad.

No es aplicable para humedecer siembras recién hechas, ni plantas jóvenes, o provistas de sistemas radiculares sumamente someros, solo está indicado para vegetación desa--rrollada con raíces bastante o muy penetrantes.

Es frecuente que exista una capa freatica elevada en zonas de inviernos muy lluviosos, por lo que sería interesan--te ensayar esta forma de riego para frutales, maíz, remola--cha, sorgo, algodón, etc., donde se dan tales circunstancias. En América ha dado muy buen resultado, incluso con patatas - en tierras francas, sin que se aprecien diferencias signifi--cativas en los rendimientos durante tres años consecutivos, pese a que sus raíces profundizan muy poco.

#### Caudales y longitud del surco.

Unciaschi y sus colaboradores (1963) recomiendan en terrenos de consistencia media y pendientes de 0.1 a 0.5% de 1.20-1.80 l.p.s. para surcos de 120 a 160 m y de 1.60-2.10 l.p.s. para surcos de 160-200 m. Para suelos arcillosos con pendientes de 0.15% una longitud de surco de 500 m. con caudales por surco de 1 a 2 l.p.s.

#### Ventajas.

En los ensayos hechos en Rumania no se aprecia reducci<sup>o</sup>n significativa en la producci<sup>o</sup>n, sobre todo en vegas arcillo--sas y sí, en cambio, un ahorro muy grande de agua y de mano -

de obra.

En los Estados Unidos se utiliza contra la erosión que es menor en este caso (puesto que la mitad de las veces la corriente pasa entre cada dos lomos), y a mejorar el rendimiento humano, que será mucho mayor así, dado que hay que colocar la mitad de los sifones que serían precisos en caso de riego normal.

#### Recomendaciones.

No recomendamos este procedimiento sin la realización de dichos ensayos previos.

Puede resultar interesante su aplicación, sobre todo en terrenos arcillosos, o con un nivel freático elevado.

Este método supone nuevas y diferentes curvas de infiltración y, en consecuencia, una organización distinta del regadio que implica experiencias de campo. (12)

Proposiciones sobre la eficiencia del riego por la Comisión Internacional de Riego y Drenaje.

Existen en conjunto en las definiciones tomadas del diccionario Técnico Multilingüe de la I.C.I.D. ambigüedades e inexactitudes debidas quizá a la falta de coordinación y que

se presentan especialmente en la elección de criterios y en los términos usados, lo mismo sucede con otras fuentes de información.

El comité de trabajo establecido por la Comisión Internacional de Riego y Drenaje (1974) propuso definiciones que pueden satisfacer a diversos intereses, algunas interesan más particularmente al agricultor, otras interesan más bien al investigador (pedólogo, fitobiólogo, genetista, etc.) o al proyectista o al operador de una red de distribución.

El Comité reconsideró las fases de riego con el fin de distinguir cuales son las relaciones de interés y para quien, sin dejar de tener en cuenta el punto de vista práctico de discernir si serán medibles y como, también restituir para el sistema las definiciones ya establecidas.

Las definiciones propuestas se relacionan entre sí a fin de formar un coeficiente general relativo al beneficio que proporcione el riego. El criterio económico es en realidad el criterio mas prominente para las elecciones y valorizaciones relativas al riego, también incluyen elementos mensurables o valorables por sí mismos.

La igualdad propuesta es:

$$\frac{MS \text{ (Materia seca vendida)}}{W \text{ (Agua entregada al distrito)}} * = \frac{\text{Agua entregada a la finca}}{\text{Agua entregada al distrito}} Q_0$$

$$\begin{array}{r}
 X \frac{\text{Agua entregada a la parcela}}{\text{Agua entregada a la finca}} \quad Q_1 \\
 \\
 X \frac{\text{Agua almacenada en la zona radicular}}{\text{Agua entregada a la parcela}} \quad Q_2 \\
 \\
 X \frac{\text{Agua evapotranspirada}}{\text{Agua almacenada en la zona radicular}} \quad Q_3 \\
 \\
 X \frac{\text{Agua transpirada por el cultivo}}{\text{Agua evapotranspirada}} \quad Q_4 \\
 \\
 X \frac{\text{Materia seca producida por toda la planta}}{\text{Agua transpirada por el cultivo}} \quad Q_5 \\
 \\
 X \frac{\text{Materia seca cosechada}}{\text{Materia seca producida por toda la planta}} \quad Q_6 \\
 \\
 X \frac{\text{Materia seca vendida}}{\text{Materia seca cosechada}} \quad Q_7
 \end{array}$$

(\* Esta es el agua de riego). Podemos introducir un factor - paralelo a  $Q_2$  para el agua de lluvia, así como un promedio - ponderado.

La igualdad anterior se expresa así:

$$\frac{MV}{W} = Q_0 Q_1 Q_2 Q_3 Q_4 Q_5 Q_6 Q_7$$

En la ecuación no se toma en cuenta la calidad, sin embargo, puede introducirse completando la expresión  $\frac{MV}{W}$  con el precio de la cosecha y el costo del metro cúbico de agua, así se obtiene la expresión llamada: Eficiencia económica bruta del riego.

$$R = \frac{MV \times \text{precio de venta por unidad}}{W \times \text{costo del m}^3 \text{ de agua}} = \frac{\text{Ingreso bruto}}{\text{Costo del riego}}$$

El punto más importante sobre la ecuación es la invariabilidad de ciertas expresiones parciales, cualquiera que sea el nivel de comparación; por lo tanto, para comparar conceptos muy diferentes, como la naturaleza del cultivo, el sistema de riego, la naturaleza del suelo, la compactación, la competencia del agricultor, distritos, etc., se puede usar la misma relación, la eficiencia económica bruta del riego.

El comité propone: Considerar las definiciones correspondientes a una o varias fases sucesivas; analizar cuales tienen interés para el investigador, proyectista y agricultor; considerar las posibilidades de medir cada término y los elementos con que cuenta para obtener su medida; unir las nuevas definiciones a las que ya se habían formulado (diccionario de la I.C.I.D. y otras fuentes). Esto llevó al comité a ofrecer una tabla como guía para la reflexión, ver tabla 10 del apéndice (3).

### 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 consiguiente disminución de su cosecha.

### Eficiencia en el uso del agua de riego.

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 ( $d_{ll}$ ) durante 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 del cultivo menos la lluvia efectiva caída en la parcela. (4)

### Eficiencia de conducción.

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. (13)

Eficiencia de aplicación.

La eficiencia de aplicación ( $E_a$ ) del agua en la parcela se define como la relación existente entre el volumen de agua almacenado en la zona radicular ( $V_a$ ) y el volumen de agua aplicado en la parcela ( $V_p$ )

$$E_a = V_a/V_p \times 100$$

Eficiencia de almacenamiento.

La eficiencia de almacenamiento ( $E_s$ ) del agua en el sue

lo es la relación existente entre el volumen de agua almacenada ( $V_s$ ) en la zona radicular por efecto del riego y el volumen de agua calculado ( $V_c$ ) para reponer la humedad del suelo hasta su capacidad de campo.

$$E_s = V_s/V_c \times 100$$

En el área comprendida por los márgenes del Río Grande Valley de Texas, en donde no se dispone de agua suficiente y en el oeste de Kansas donde el agua de riego se bombea a costos elevados, se ha logrado triplicar y duplicar la producción respectivamente con solo mejorar la eficiencia de almacenamiento.

#### Eficiencia de distribución.

La eficiencia de distribución del agua en el suelo ( $E_d$ ) se considera importante porque la uniformidad del crecimiento de un cultivo depende en gran medida del valor que ésta asuma. La eficiencia de distribución se define mediante la siguiente ecuación:

$$E_d = \left(1 - \frac{dm}{\bar{x}}\right) \times 100$$

donde:

$dm$  = Desviación media de las láminas de riego observadas en cada uno de los puntos muestreados a lo largo de los surcos o melgas.

$\bar{x}$  = Lámina de riego media observada (4)

Eficiencia de aprovechamiento del agua por los cultivos.

La eficacia de empleo del agua por las plantas es la relación de la producción de materia seca, con el agua empleada, es fundamental en la agricultura. Cualquier método que promueva el desarrollo vegetal y un uso más eficaz de la energía solar en la fotosíntesis para incrementar la producción de materia seca, también, incrementa la eficacia del empleo del agua. (27).

La eficacia de transpiración indica la habilidad de la planta para utilizar el agua en procesos metabólicos y se establece midiendo la cantidad de materia seca sintetizada por litro (o gramo) de agua absorbida. (23).

La eficiencia de utilización de la tierra indica el agua que se transpira y evapora de ella por unidad de materia seca producida. Puede expresarse como pulgadas-acre o pies-acre de agua utilizada para producir una tonelada de heno.

En el oeste de los Estados Unidos la eficiencia de la utilización de agua en el cultivo de alfalfa depende del crecimiento y transpiración. El crecimiento y transpiración se relacionan con el vigor de las plantas y con factores del medio, tales como clima, productividad de la tierra y escasez de humedad en ella, siendo el clima el más importante de ellos. (26).

Las experiencias clásicas llevadas a cabo en los Estados Unidos (citado por Diehl, R. y Mateo Box J.M.) por Briggs, Shantz Piemmeisel, Montgomery y Kiesselbach, así como otros autores, realizada bajo condiciones muy precisas, han demostrado que existen variaciones muy considerables entre las necesidades de agua de las diferentes plantas cultivadas. (8).

La eficiencia del uso del agua en términos de unidades de agua utilizada por unidad de materia seca producida resulta importante, en especial donde hay un abastecimiento limitado de agua. Según Slatyer (citado por Kramer) la eficiencia varía entre 200 y 500 para cosechas de alto rendimiento hasta 2,000 o más tratándose de tierras áridas con vegetación dispersa, porque la producción de materia seca aumenta más rápidamente que la pérdida de agua. La eficiencia del empleo del agua aumenta cuando se emplean variedades de alto rendimiento y de raíces profundas cultivadas con densidades óptimas y con una fertilización adecuada. Sin embargo, aun en condiciones óptimas se emplean de 200 a 500 unidades de agua para producir una unidad de materia seca. Esto se debe a estructuras fotosintetizantes eficaces que permiten la entrada de grandes cantidades de bioxido de carbono, dejan salir grandes cantidades de vapor de agua (16).

El aprovechamiento del agua por algunos cultivos se expone en el siguiente cuadro:

Cuadro 1.- Kg de agua que requieren algunos cultivos 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 cultivos son bastante elevados para llegar a producir 1 kg de materia seca, en este caso el cultivo de menor requerimiento es el maíz, esto no deja de tener importancia para minimizar el uso del agua mediante la calendarización de riegos o regar a diferentes abatimientos de humedad . (26).

Viets (1962) (citado por Kramer), presentó un estudio de los problemas implicados en la producción de una eficacia incrementada del uso del agua. Señala que la eficiencia máxima del uso del agua no siempre se practica porque exige la producción del rendimiento más grande que se pueda, lo cual a veces no resulta provechoso. Por ej., el rendimiento puede -

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 (17).

#### Antecedentes del riego por surcos alternos.

El riego por surcos alternos ha sido estudiado en Europa por los ingenieros rumanos : Unciaschi, Renea y Botzan, en sus ensayos hechos en remolacha, no se aprecia reducción significativa en la producción, sobre todo en vegas arcillosas y sí en cambio un ahorro muy grande de agua y de mano de obra. ( 12 )

En América ha dado muy buen resultado incluso con patatas en tierras francas sin que se aprecien diferencias significativas en los rendimientos. En estudios publicados por Grimes, Walhood y Dieckens en 1968 sobre algodón en el Valle San Joaquín, California en suelos franco arenosos, las conclusiones a las que se llegaron fueron las siguientes:

- 1.- La producción de fibra es igual o mejor regando por -- surcos alternos.
- 2.- De esta manera se gasta menos agua.

3.- Como en ningún 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, - que cada vez quedan en seco, la tensión de humedad no sea nunca excesiva. (12)

En México (1978) en el Distrito de Riego 03, Tula, Hidalgo, se realizaron trabajos en los cultivos de maíz y frijol para conocer a rigor científico la respuesta de estos cultivos a diferentes variantes del método de riego por surcos: Se utilizó el diseño bloques al azar, en el cultivo del frijol; los niveles ensayados fueron surco alterno, surco continuo y surco continuo a 0.70 m, 0.70 m y 1 m de separación entre uno y otro respectivamente; en el maíz los niveles fueron surco continuo y surco alterno, los riegos se aplicaron por medio de sifones de 1.5 pulgadas tomando como criterio de control la capa 0-30 cm del suelo al 40% de la humedad aprovechable. En base a los resultados obtenidos no se encontraron diferencias significativas entre las diversas variantes del método de riego por surcos ( 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 pul

gadas, además para los espaciamientos alternos se aplicaron 24 lbs por acre de nitrógeno, 32 lbs por acre de fósforo, y 60 lb 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 comparó con el espaciamiento alternante de 40 y 80 pulgada, 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 determinó a una profundidad de 48 pulgadas a la mitad del surco de 40 pulgadas, también se determinó este contenido en los surcos espaciados a 80 pulgadas, - encontrándose una ligera tendencia de menor 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 pulgadas. 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 pul

gadas 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 patrón 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 influencia del mayor desarrollo radicular causada por el efecto de la fertilización-riego, esta humedad está 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 también afectar significativamente este aumento del rendimiento. (5)

Resultados de tres años de estudios de una nueva forma de irrigar algodón con espaciamientos variables de surcos - VRS, son reportados por Longenecker y colaboradores. Este nuevo modelo de espaciamiento de surcos consiste en alternar hileras de 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 simultáneamente oportunidad para bajar los costos de producción a través del u-

so de menor agua para riego, bajando la evaporación mejora la eficiencia de aplicación del agua, control más eficiente de malezas y adelanta la madurez de la cosecha, el mayor -- obstáculo para la adopción de este nuevo sistema para los agricultores puede ser la inhabilidad para la recolección comercial por los modelos entre hileras variables.

Este patrón para espaciar hileras llamado VRS fué iniciado en la estación de investigaciones del Paso, Texas, en 1964. El arreglo utilizado fue 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 solo recibió la mitad del agua normalmente aplicada en siembras de verano en el total y por riego.

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 male

zas en la mayor parte de las pruebas del 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 usa ron para el movimiento del tractor, el control de plagas y oca sionalmente para el rebordeo de surcos.

La mayor parte de las plantas de las diferentes varieda des en el sistema VRS tenían una altura menor en comparación con los tratamientos de 1.02 m entre hileras. Esto fué atri buído principalmente a la menor cantidad de agua de riego - que se usó en el verano y consecuentemente a los grandes es fuerzos de humedad en el suelo. Las bellotas en todas las - variedades del VRS eran ligeramente pequeñas con relación - al promedio, pero la fructificación fué muy uniforme.

Parece ser que con el arreglo VRS en todas las varieda des se redujo la producción normal de semillas, lo que pue- de 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 verticilium. Se ha visto que el daño en el algodón Acala disminuye cuan do se bajan los frecuentes riegos de 7 a 5. (17 )

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 longi tud de la fibra. (10).

J.T. Musick y D.A. Dusek, en base a estudios realizados suponen que el riego por surcos alternos puede aumentar la e ficiencia del uso del agua de riego para la producción de -- maíz y sorgo de grano, reduciendo las cantidades de aplica-- ción 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 espacia dos 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 rie-- go 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 del agua por 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 y las eficiencias del uso de agua de riego en base a área de surcos sembrados se incrementaron. Se concluyó 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 seleccionó 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 aumen

tar la eficiencia del uso del agua de riego donde ésta es limitada.

El suelo arcilloso de Pullman es un miembro de los suelos finos, de la familia de los térmicos de los paleustolls, este suelo tiene una estructura relativamente densa con densidades de 1.5 a 1.7 el perfil es lentamente permeable cuando está 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, estaba entre  $-1/3$  y  $-15$  bars y era de 160 mm.

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 0.6 m de profundidad penetró completamente este horizonte y el de 0.8 m., rompió una capa de arcilla permeable en los estratos inferiores. El objetivo de esta práctica de labranza fue para observar el efecto de la labranza profunda sobre el consumo de agua y en los rendimientos del cultivo durante el período de prueba de 14 años hasta 1979.

Se usó 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 (1-1) y cuatro (1-2) 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 Pioneer 3321 maíz en 1977, y Dekalb F-67 sorgo en 1979. Las poblaciones de plantas para maíz fueron de 50,000 a 60,000/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 de 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 (0.8 m) 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 serían 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 éstos resultados sugieren que el riego por surcos alternos se puede usar sobre un amplio rango de aplicaciones para la producción del sorgo grano.

La eficiencia del uso del agua calculada para el sorgo se basó en un rendimiento no regado de 3200 kg/ha de una -- área cercana que tuvo un perfil húmedo del suelo en la siembra. El riego por surcos alternos aumentó la eficiencia del uso del agua en el tratamiento más húmedo 1-2 desde 1.43 -- para el riego convencional hasta 1.76 kg/m<sup>3</sup>, y en el tratamiento más seco 1-2 desde 2.55 a 2.90 kg/m<sup>3</sup>. ( 20)

## MATERIALES Y METODOS

A continuación se presentan los materiales y métodos utilizados en la presente investigación, primeramente se presentan algunas características del sitio donde se llevó a cabo y posteriormente los materiales y métodos.

Características de la región donde se realizó la investigación.

### Localización geográfica.

El presente trabajo se efectuó en la Estación Agropecuaria Experimental de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León, México durante el ciclo agrícola primavera-verano 1983. La situación geográfica del lugar es de 25°53' latitud norte y de 100°03' de longitud oeste del meridiano de Greenwich, la altura sobre el nivel medio del mar es de 367.3 m.

### Características del clima.

Según el sistema de Köppen, modificado por García, el clima de la región comprendida por Marín, N.L., es representado por los siguientes signos:

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

Donde:

$BS_1$  = Clima seco o árido con regimen de lluvias en vera

no siendo el más 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 presenta como intermedias entre verano e invierno con un porcentaje de lluvia invernal mayor de 18.

(e')= Oscilación anual de las temperaturas medias -- mensuales, mayor de 18 siendo las más extremas.

#### Características del suelo.

El Centro de Investigaciones Urbanísticas de la UANL, reporta que el suelo de la región de Marín, N.L., considerando la clasificación de los grandes grupos de suelos en el mundo, corresponde al grupo de chestnut o castaños que se caracterizan, por presentarse en áreas con clima seco estepario (BS) y vegetación de estepa-matorral, la humedad de estos es deficiente y el contenido de materia orgánica representa una escasa acumulación.

En toda su gran extensión estos suelos son arcillo-arenosos de profundidad media.

Considerando la clasificación FAO-UNESCO, se tiene en Marín, N.L., el tipo Kastañozem (castaños) y el subtipo kastañozem calcico el cual tiene acumulaciones importantes de cal y yeso en el perfil del suelo. Este tipo de suelos es

bueno para la agricultura en la medida en que se apliquen -- técnicas adecuadas y cultivos que se adapten a las condiciones climáticas principalmente a las altas temperaturas, lluvias esporádicas y sequías prolongadas.

Técnica experimental, tratamientos y variables respuesta.

Se utilizó el diseño de bloques al azar bajo 5 tratamientos y 4 repeticiones los tratamientos se aleatorizaron dentro de cada bloque, la forma de la unidad experimental fue rectangular, se evitó el efecto de orilla en el registro de las variables respuestas.

Los tratamientos fueron los siguientes:

- 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 de cultivo (riego par a los surcos pares y riego non a los nones)
- 4.- Riego por surcos alternos solo durante la etapa vegetativa del cultivo \* (riego par a los surcos pares y riego non a los surcos nones).
- 5.- Riego por surcos convencionales.

\* Estos tratamientos al llegar a la etapa de floración fueron regados en adelante por el método de surcos conven--

cionales.

La figura 1, representa el cróquis del experimento, se observan las dimensiones de los bloques, de las unidades experimentales, de las calles. Las dimensiones de la unidad experimental fueron de 6.75 m. de ancho por 15 m. de largo y la unidad experimental util fue de 3.75 m. de ancho y 11 m. de largo.

Las variables que se tomaron en cuenta fueron:

- Rendimiento de semilla en kg/ha
- Volumen de agua aplicado en  $M^3$ /ha
- Eficiencia del uso del agua  $M^3$  de agua aplicada por kg de semilla producida.

Desarrollo del experimento.

Preparación del suelo.

Se realizó una labranza primaria utilizando un arado de discos a una profundidad de 30 cm., luego se realizó una labranza secundaria utilizando una rastra de discos a una profundidad de unos 10 cm., posteriormente se formaron los surcos con una cultivadora de doble reja, dejándose una distancia entre lomos de 75 cm. La preparación del suelo se realizó el 11 de Febrero.

Ubicación de los bloques y regaderas:

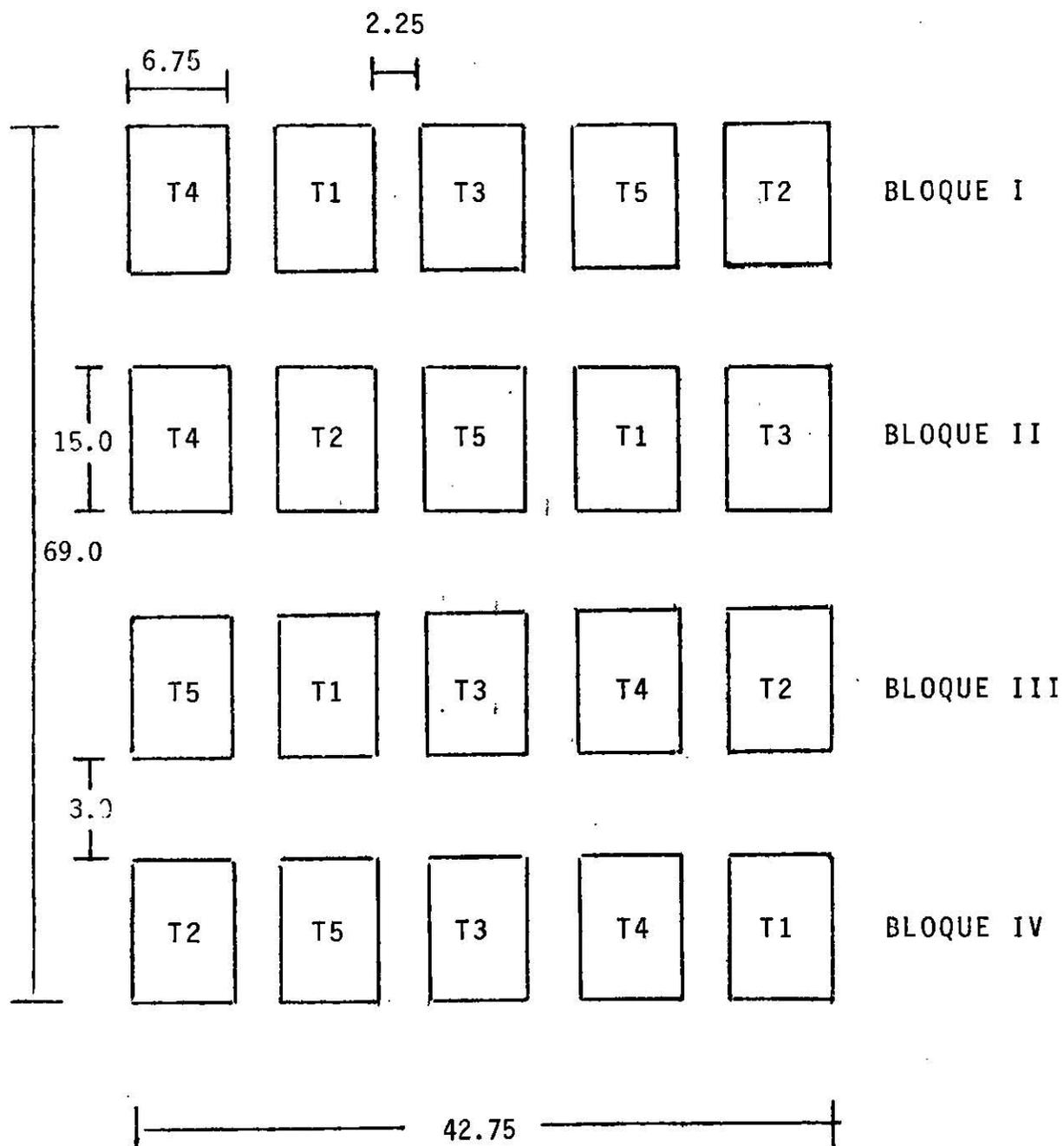
Los bloques se ubicaron en sentido casi perpendicular a la pendiente del terreno de modo que el agua de riego se pudiera distribuir en los bloques, se utilizaron cinta métrica, hilos y estacas para delimitar los bloques. Las regaderas se ubicaron en las partes más altas del lote experimental, tal como se observa en la figura 2.

#### Características de suelo y agua.

Se realizaron determinaciones de las características físicas y químicas del suelo y agua. Para la determinación de las características físico-químicas del suelo se utilizó una muestra compuesta a partir de cuatro muestras simples, el muestreo se realizó en una distribución en zig-zag en el lote experimental, las muestras se analizaron en el laboratorio de suelos y el laboratorio de hidráulica de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León. Para la obtención de las muestras del suelo se utilizó una pala - pozera, bolsas de polietileno y etiquetas, se muestreó en los estratos de 0-30 y 30-60 cm.

Para la determinación de la textura se utilizó el método del hidrómetro de Bouyoucos y el triángulo de texturas, el primero se utilizó para determinar el % de arena, limo y arcilla y el segundo para la clasificación agronómica del suelo.

Para la determinación de la capacidad de campo y el pun



Area de la Unidad Experimental =  $101.25 \text{ m}^2$

Area del lote experimental =  $2,949.84 \text{ m}^2$

Figura 1.- Cr6quis del experimento, distribuci6n de los tratamientos en el campo. "Riego por surcos alternos en el cultivo del frijol". Mar6n, NL Prim-Ver 1983.

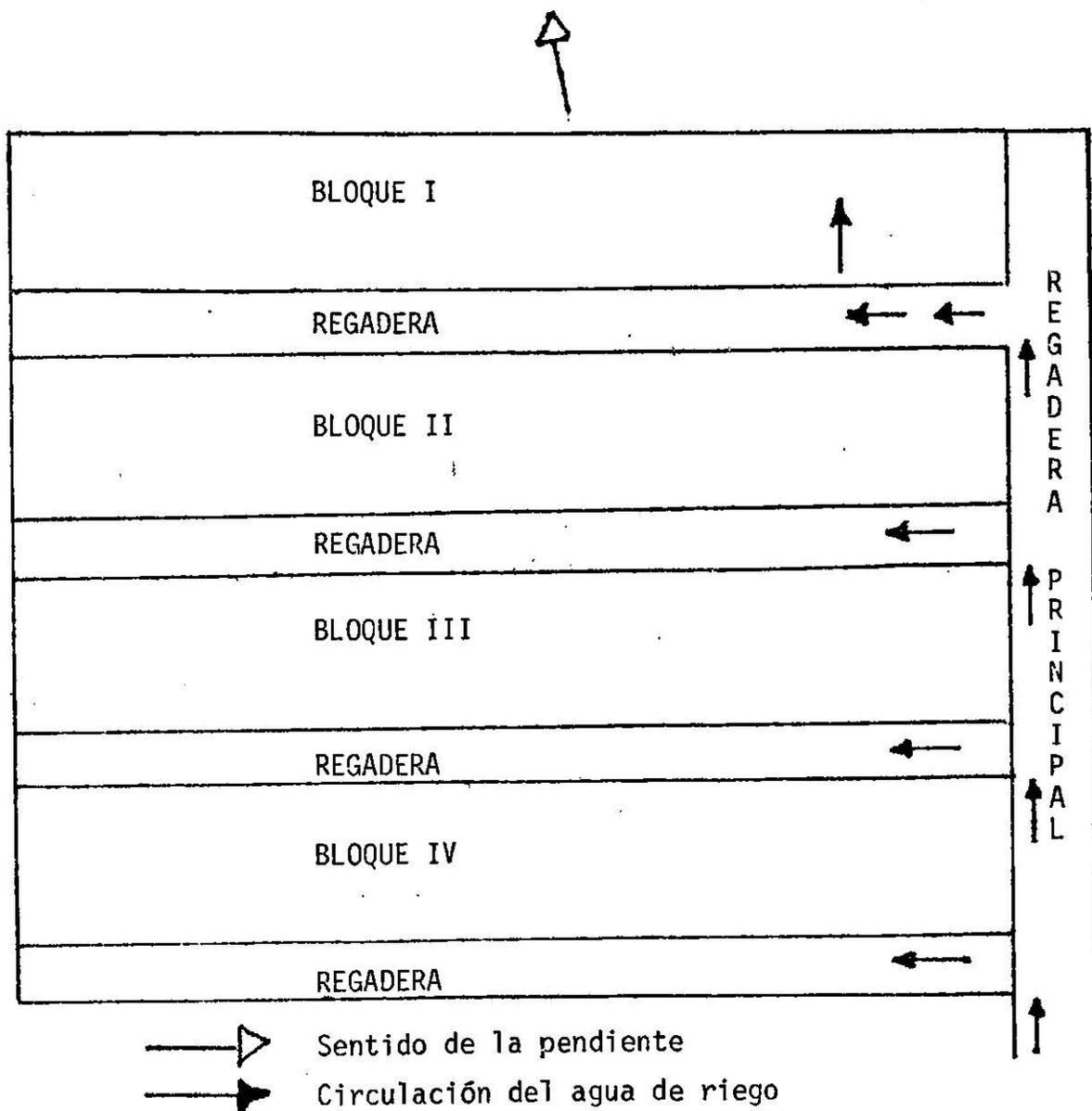


Figura 2.- Ubicación de los bloques en el sitio experimental. "Riego por surcos alternos en el cultivo del frijol". Ciclo Primavera-Verano 1983. Marín, N.L.

to de marchitez permanente se utilizaron las siguientes ecuaciones:

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

$$r^2 = 0.9677$$

$$\text{PMP} = 0.2635 (A) - 0.3135 (L)$$

$$r^2 = 0.902$$

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 Guzmán C. (10) a través de una regresión lineal múltiple a partir de 204 muestras del suelo de textura arcillosa en el estado de Nuevo León, utilizándose el método de la olla de presión y el de la membrana de presión para los valores de capacidad de campo y punto de marchitez permanente respectivamente.

La densidad aparente se determinó utilizando el método de los cilindros de volumen conocido, se determinó en tres sitios del lote experimental en los estratos de 0-30 y 30-60 cm. y se tomó como valor el promedio, la densidad aparente se obtuvo mediante la siguiente fórmula:

$$D_a = \frac{P.S.S.}{V_T}$$

donde:

$D_a$  = Densidad aparente ( $\text{gr}/\text{cm}^3$ )

P.S.S. = Peso de suelo seco (gr)

VT = Volumen del cilindro (cm<sup>3</sup>)

La lámina de agua disponible en el suelo se determinó - mediante la siguiente ecuación:

$$Lad = \frac{CC - PMP}{100} \times Da \times Pr$$

Donde:

Lad = Lámina de agua disponible en cm

CC = Humedad del suelo a capacidad de campo en %

PMP = Humedad del suelo a punto de marchitez permanente en %.

Da = Densidad aparente (gr/cm<sup>3</sup>)

Pr = Capa de control en cm

En la tabla 1 del apéndice se exponen las determinaciones fisico-químicas del suelo en el lote experimental.

Las características del agua de riego se presentan en la tabla 2 del apéndice, la fuente de abastecimiento fue la presa grande de la Estación Agropecuaria Experimental de la FAUNAL.

Características de los elementos climáticos:

Las características de los principales elementos climá-

ticos que se presentaron durante el desarrollo del experimento se presentan en la tabla 3 del apéndice.

Método de aforo del agua de riego.

Se utilizaron tubos o sifones de plástico de una pulgada de diámetro. Antes de aplicarse el riego se obtuvo la curva que relaciona el gasto con la carga hidráulica, se despreció la fricción del plástico por ser muy poca, el gasto se determinó por la siguiente fórmula:

$$Q = A \sqrt{2gH}$$

Donde:

$Q$  = Gasto en  $m^3/seg.$

$A$  = Area de la sección transversal del sifón ( $m^2$ )

$g$  = Aceleración de la gravedad ( $9.81 m/seg^2$ )

$H$  = Carga hidráulica (m)

La curva que relaciona el gasto y la carga hidráulica se expone en la figura 3.

Siembra.

Se realizó manualmente el día 18 de febrero de 1983, el método de siembra fué en seco en el fondo del surco, a una profundidad de 5 cm., y con una distancia de 75 cm entre hileras; la distribución de la semilla fué a chorrillo, se utilizaron rayadores y semilla de la variedad Delicias 71 seleccionada.

ción IV (Benavides).

#### Densidad de población.

Se realizó la eliminación de plantulas del cultivo los días 29, 30 y 31 de Marzo, se dejó una distancia entre plantas de 15 cm, dando una densidad de población de 88888,8 --- plantas por ha.

#### Labores de cultivo.

Con el uso de una cultivadora de tracción animal y azadones, se combatió a las malas hierbas que se establecieron entre las hileras de las plantas del cultivo y con una labor manual a las malas hierbas que se establecieron dentro de -- las hileras de las plantas. La escarda o cultivo se realizó el 14 de abril, después de estas fechas se siguieron elimi-- nando malas hierbas aunque su incidencia no era grave.

#### Control de plagas y enfermedades.

Durante el desarrollo del cultivo se presentaron varias plagas, las chicharritas (Empoasca spp) y la mosquita blanca (Trialeurodes vaporariorum) resultaron ser de mayor incidencia, para su control se aplicó paration metilico CE al 50% - con una dosis de 1.1 lt/ha cuando se encontraban más de 5 -- chicharritas por planta o más de 10 ninfas o mosquitas blancas por planta. Para la aplicación del insecticida se utilizó agua, detergente y una aspersora hidraulica de mochila. -

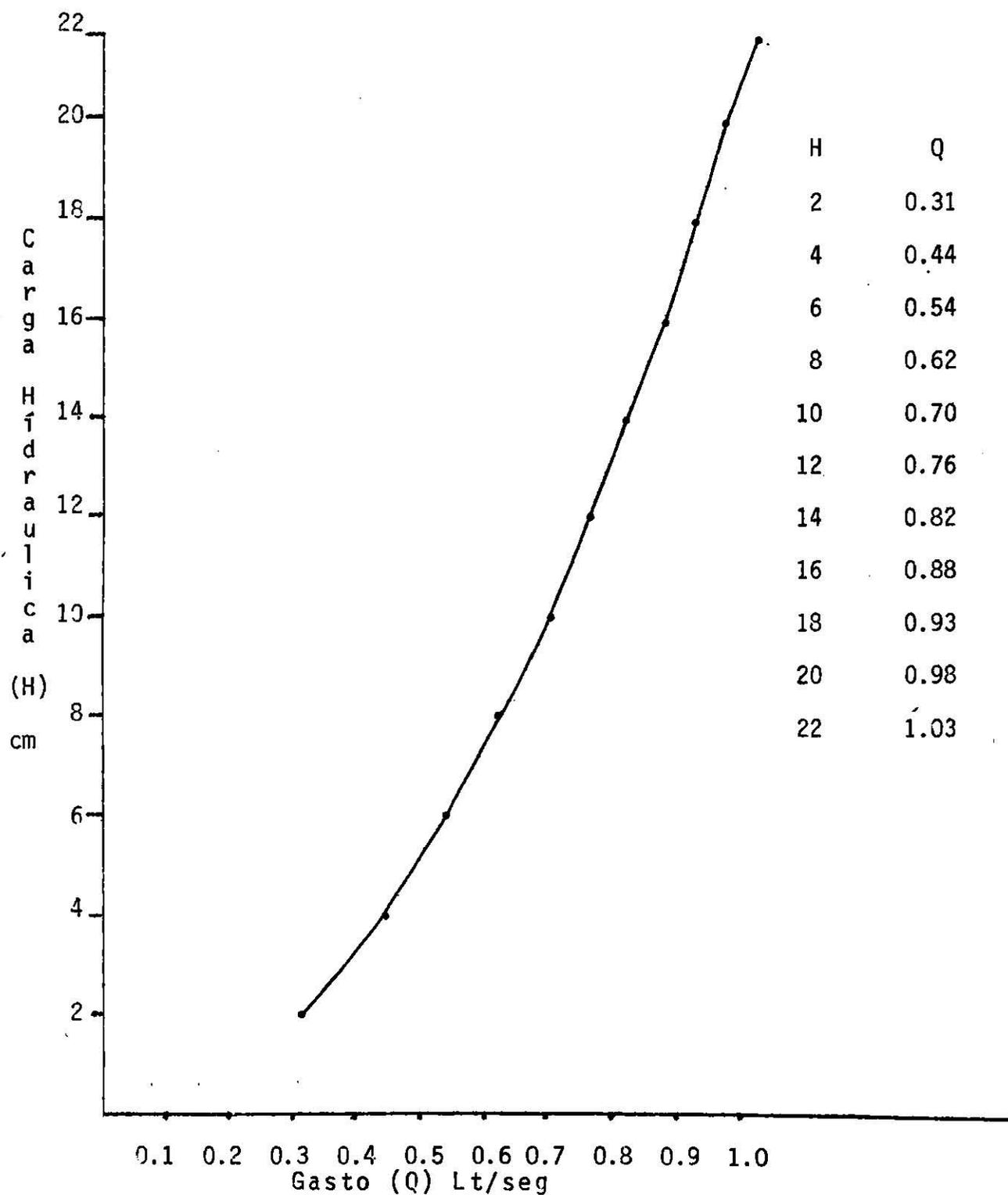


Figura 3. Curva que relaciona la carga hidráulica y el gasto, para sifones de 1 pulgada de diámetro. "Riego por surcos alternos en el cultivo del frijol" Marín, NL 1983.

Se presentaron daños leves en el cultivo por pudriciones radiculares, se eliminaron las plantas enfermas que se caracterizaban aparte de la pudrición radicular, por el poco crecimiento.

#### Muestreo de humedad del suelo.

Se realizaron muestreos de humedad del suelo para determinar el nivel de abatimiento de la lámina de agua disponi--ble en el suelo. El lugar del muestreo fue en la parte media de la unidad experimental, en el fondo del surco antes de la escarda, y en el lomo de este después del aporque. La capa - de control se determinó por la profundidad del sistema radi- cular del cultivo, siendo de 60 cm, ya que normalmente es la profundidad del sistema radicular del cultivo; se muestreó - a dos niveles 0-30 y 30-60 cm., al acercarse el momento del riego se hicieron muestreos de humedad para conocer el nivel de abatimiento de la lámina de agua disponible y de esta ma- nera determinar cuando regar, se realizó un muestreo por unidad experimental, el contenido de humedad se determinó por - el método gravimétrico con la siguiente fórmula:

$$CH = \frac{PSH - PSS}{PSS} \times 100, \text{ donde:}$$

CH = Contenido de humedad en %

PSH= Peso de suelo húmedo en gr

PSS= Peso de suelo seco en gr

Los materiales utilizados fueron barrena Veihmeyer, -- frascos, etiquetas, cajas, balanza analítica y estufa para la obtención del peso humedo en cada muestra se les restaba el peso del frasco correspondiente, para obtener el peso se co se colocaban las muestras humedas en una estufa especial a 110°C durante 24-48 horas, después se pesó el suelo seco con el frasco, restándose después el peso del frasco correspondiente.

Las muestras para determinar las láminas de los riegos se realizaron el día 6 de abril, 27 de abril y 16 de mayo -- para el primer riego de auxilio, segundo riego de auxilio y tercer riego de auxilio respectivamente. Los contenidos de humedad en las unidades experimentales se presentan en las tablas 4, 5 y 6 del apéndice.

#### Frecuencia del riego.

El cuando regar se determinó cuando el contenido de humedad del tratamiento 5 o testigo indicaba un nivel de abatimiento de un 50% de la lámina de agua disponible en el suelo.

#### Lámina de riego.

El cuando regar o lámina de riego estaba en función del contenido de humedad del suelo de los surcos que les tocaba -- regar en cada una de las unidades experimentales, según el -- tratamiento correspondiente a cada unidad experimental, así --

la lámina de riego se calculó para cada una de las unidades experimentales con la siguiente ecuación:

$$Lr = \frac{CC - CH}{100 n} \times Da \times Pr$$

Donde:

Lr = Lámina de riego en cm

CC = Humedad del suelo a capacidad de campo en %

CH = Contenido de humedad actual en %

Da = Densidad aparente (gr/cm<sup>3</sup>)

Pr = Profundidad de suelo a humedecer o capa de control (cm)

n = Eficiencia de aplicación en %

Se consideró una eficiencia de aplicación de un 60%. -- Las láminas netas de riego para cada uno de los tratamientos en cada uno de los riegos se presentan en las tablas 4, 5 y 6 del apéndice.

Tiempo de riego.

El tiempo de riego se calculó de la siguiente manera:

$$Tr = \frac{Lr \times A}{Q_{max}}$$

Donde:

Tr = Tiempo de riego (seg)

Lr = Lámina de riego (m)

A = Area en (m)

Q = Gasto máximo permisible para cualquier riego en (m<sup>3</sup>  
/seg).

#### Riegos.

Se aplicaron cuatro riegos, un riego de germinación y tres de auxilio, en el riego de germinación se aplicó una lámina de 5 cm, los riegos se efectuaron en las siguientes fechas, el de germinación 22 de febrero, el primero de auxilio el 8 de abril, el segundo de auxilio el 29 de abril, y el tercero de auxilio el 20 y 21 de mayo.

#### Metodología utilizada para la aplicación del riego.

Antes de la fecha de la aplicación de cada riego se formaron las regaderas utilizándose el tractor, un bordeador y estacas, después se juntaron los surcos de las unidades experimentales con la regadera correspondiente.

Para todos los tratamientos que tenían el riego por surcos alternos se procedió a regar primero los surcos pares y posteriormente fueron los surcos nones y por ultimo los surcos pares.

Para dar cumplimiento a los tratamientos, se consideró la presencia de la floración en el cultivo, cuando se llegaba

a un 50% de plantas con flores. Se procedió a regar los bloques que estaban en la parte más baja del lote experimental y por las unidades experimentales que se encontraban en la parte más alta del bloque tal como se observa en la figura 2.

En el momento de la aplicación del riego se utilizaron contras con lonas y tierras, palas y azadones, estas contras se colocaban aguas abajo de la unidad experimental por regar y actuaban como vertedores de demasías, con la finalidad de controlar la carga hidráulica a través del tiempo de riego. (ver figura 1 del apéndice).

Una vez que se lograba una carga hidráulica suficiente, se procedió a operar los sifones para aplicar el riego a la unidad experimental, pero antes los sifones se colocaron en los surcos que les correspondía el riego según el tratamiento que se debería aplicar a la unidad experimental, el número de sifones por surco fue de mayor a menor según la distancia de los surcos respecto a la contra colocada aguas abajo de la unidad experimental, esto se realizó con la finalidad de igualar el tiempo de riego entre los surcos de la unidad experimental, se procedió a medir la carga hidráulica de los sifones tal como se observa en la figura 2 del apéndice, --- cuando se tenían cargas hidráulicas similares en todos los sifones, se obtenía una carga hidráulica promedio esta carga se consideraba para el tiempo de riego. En el momento de apli

car el riego se tenía a la mano la información necesaria para el tiempo de riego para cada unidad experimental según los tratamientos la información necesaria era el volumen de agua a aplicar por surco que estaba en función de la lámina de riego y también una tabla donde se relaciona la carga hidráulica (cm), el gasto (l/s) y el tiempo de riego (min) de modo que al estimar la carga hidráulica a la cual funcionaban los sifones en el momento del riego se tenía en mano la información necesaria del tiempo de riego, ya que a cada unidad experimental se le había determinado la lámina de riego necesaria para llevarla a capacidad de campo, o sea las láminas de riego por surco se transformaban en volumen al multiplicarla por la superficie que comprendía la distancia entre surcos así como su longitud, o sea  $0.75 \times 15 \text{ m} = 11.25 \text{ m}^2$ , posteriormente el volumen obtenido se dividía entre el gasto a la cual operaban los sifones, pero como no se sabía exactamente a que carga trabajaban los sifones o sea a que gasto trabajarían se tenía de antemano una tabla para cada unidad experimental según los tratamientos, en la cual como ya mencionamos anteriormente relacionaba la carga hidráulica que determinaba el gasto de los sifones y el tiempo de riego de esta manera se cumplía la fórmula del tiempo de riego mencionada anteriormente. Como se colocaban uno o varios sifones por surco en la unidad experimental por regar, el tiempo de riego obtenido se dividía entre el número de sifones ya que el tiempo de riego estimado era válido solo cuando se u-

tilizaba un sifon para el riego del surco.

#### Registro de las variables respuestas.

La cosecha se realizó el 7 de julio, las plantas presentaban un color amarillo y la mayoría de las hojas inferiores se habían caído, se cosechó solo la parcela útil de la unidad experimental y plantas solo con competencia completa para la cosecha se utilizaron cinta métrica, estacas, hilos, -bolsas y marcadores, cada bolsa se identificó por repetición, tratamiento, posteriormente se efectuó la trilla en forma manual apaleando las plantas, las semillas se colocaron en bolsas y se pesaron en una balanza analítica, se determinó el porcentaje de humedad de la semilla mediante el método de la estufa, obteniéndose un porcentaje de humedad de 17%, en la tabla 7 del apéndice se expone el rendimiento de semilla para cada uno de los tratamientos.

La variable volumen de agua en  $m^3/ha.$  para cada uno de los tratamientos se determinó con las láminas de riego aplicadas en cada riego multiplicándolas por el área de los surcos regados en cada riego, considerando las dimensiones de la parcela útil, posteriormente se sumaron los volúmenes de cada riego para obtener el volumen total aplicado en cada uno de los tratamientos. Los volúmenes de agua aplicados a cada uno de los tratamientos se exponen en la Tabla 8 del apéndice.

La variable eficiencia del uso del agua expresada en  $m^3$  de agua por kilogramo de semilla producido se registró para cada una de las unidades experimentales al dividir el volumen de agua aplicado ( $m^3/Ha$ ) sobre el rendimiento kg de semilla por Ha, considerando solo la parcela útil.

Los valores de la eficiencia del uso de agua se presentan en la tabla 9 del apéndice.

#### Observaciones.

Se perdió la unidad experimental del tratamiento 4, en el bloque 1. Se presentaron daños en las plantas de las unidades experimentales por efecto de salinidad. El tercer riego de auxilio se retrasó por dos días. Las lluvias ocasionaron que la fecha de cosecha que se tenía programada se atrasara debido a que las plantas del cultivo continuaron formando inflorescencias.

No se tomaron muestras para determinar el contenido de humedad en las unidades experimentales antes de la siembra, por lo tanto, solo se consideró volumen de agua aplicado a las unidades experimentales.

No se consideró el potencial osmótico para determinar la lámina de agua disponible para las plantas.

## RESULTADOS Y DISCUSION

A continuación se presentan los resultados del presente trabajo de investigación.

En la tabla 1, se exponen los resultados respecto a rendimiento de semilla en kg/ha. para cada uno de los tratamientos así como su promedio.

TABLA 1. Rendimiento de semilla, y rendimiento promedio en kilogramos por hectárea. "Riego por surcos alternos en el cultivo del frijol". Marín, N.L. Ciclo Primavera-Verano, 1983.

TRATAMIENTO	R E P E T I C I O N E S				PROMEDIO
	1	2	3	4	
1	661.81	559.27	957.57	500.60	669.812
2	486.06	506.90	496.00	507.87	499.207
3	733.33	559.03	680.48	528.69	625.632
4	618.01	795.15	572.36	992.72	630.317
5	741.81	875.15	992.72	900.60	877.570

En la tabla anterior se puede observar el tratamiento - que resultó con rendimiento promedio más alto, es el número 5 el cual reporta un promedio de 877.570 kg/ha.; este tratamiento consistió en aplicar el riego en forma convencional, para

hacer una observación más clara y objetiva en la siguiente - tabla II, se presenta el análisis de varianza.

TABLA II: Análisis de varianza del rendimiento de semilla en kilogramos por hectárea. "Riego por surcos alternos en el cultivo del frijol". Marín, N.L. Ciclo - Primavera-Verano. 1983.

FUENTE DE VARIACION	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADO MEDIO	F CALCULADA	F REQUERIDA
Media	1	8725416.4			0.05 0.01
Tratamiento	4	300252.78	75063.19	4.8136*	3.36 5.67
Bloques	3	53744.27	17914.74	1.1488 <sup>NS</sup>	3.59 6.22
Error	11	171531.49	15593.77		
Total	19	9250944.9			

CV= 18.90

\* = Diferencia significativa

NS= Diferencia no significativa

En el análisis de varianza, se observa que a un nivel de significancia de 0.01 no existe diferencia entre los efectos medios de los tratamientos, sin embargo, a un nivel de significancia de 0.05 se observa que la variabilidad atribuída a tratamientos es mayor que la del error experimental, entonces es poco probable que la variabilidad entre tratamientos se presente por fluctuaciones aleatorias y se considera

que se debe a que los tratamientos son distintos y se afirma que presentan variabilidad significativa.

En la siguiente tabla III se expone la comparación de los promedios de los tratamientos, se observó que los tratamientos 5, 1, 4 y 3 no presentan diferencias significativas, pero estos tienen diferencias significativas con el tratamiento 2, el mejor tratamiento resultó ser el 5, que consistió en riego por surcos convencionales.

TABLA III. Prueba de comparación de medias de los tratamientos para la variable rendimiento de semilla kg/ha. "Riego por surcos alternos en el cultivo del frijol". Marín, N.L. Ciclo Primavera-Verano 1983.

TRATAMIENTO	PRUEBA TUKEY DIFERENCIA MINIMA SIGNIFICATIVA
5	NS  285.30
1	
4	
3	
2	

NS = Diferencias no significativas

A continuación se presenta la tabla IV, donde se exponen, los volúmenes de agua aplicados en cada uno de los trata

mientos, así como los promedios.

En la tabla IV, se observa que en el tratamiento 5, se aplicó el mayor volumen de agua, siendo de 2062.7273 m<sup>3</sup>/ha. -- los tratamientos 2 y 3 presentaron promedios similares, siendo los más bajos.

TABLA IV. Volumen de agua aplicado en metros cúbicos por hectarea en cada uno de los tratamientos, así como -- los promedios. "Riego por surcos alternos en el -- cultivo del frijol". Marín, N.L., Ciclo Primavera-Verano, 1983.

TRATA- MIENTO	R E P E T I C I O N				PROMEDIO
	1	2	3	4	
1	1900.3636	1832.2424	1922.4242	1896.4848	1887.8788
2	1338.1818	1318.060	1123.3939	1138.4242	1279.5150
3	1251.3939	1148.3636	1341.0909	1238.7879	1244.9091
4	1864.7677	1528.4848	1950.5455	1890.1212	1830.9798
5	2120.2424	2010.1818	2040.2424	2080.2424	2062.7273

Los tratamientos 1 y 4 reportan promedios similares arriba de los tratamientos 2 y 3 y abajo del tratamiento 5. Para una observación más objetiva en la Tabla V se presenta el análisis de varianza.

El análisis de varianza reporta una diferencia altamente significativa entre los efectos medios de los tratamientos.

En la siguiente tabla VI se reporta el resumen de la prueba de diferencia significativa de las medias de los tratamientos.

TABLA V. Análisis de varianza para volumen de agua en m<sup>3</sup>/ha.  
"Riego por surcos alternos en el cultivo del frijol"  
Marín, N.L., Ciclo Primavera-Verano 1983

FUENTE DE VARIACION	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADO MEDIO	F CALCULADA	F TABLAS
Media	1	55191842			0.05 0.01
Tratamiento	4	2205623.7	551405.93	38.5187**	3.36 5.67
Bloques	3	64557.62	21519.208	1.5032 <sup>NS</sup>	3.59 6.22
Error	11	157467.98	14315.271		
TOTAL	19	57503239			

CV = 7.20

NS = Diferencia no significativa

\*\* = Diferencia altamente significativa

La prueba de diferencia significativa de las medias de los tratamientos reporta para valores de significancia de  $\alpha = .01$  y  $\alpha = .05$ , que los tratamientos 5, 1 y 4 no tuvieron di-

ferencias significativas, pero al comparar los tratamientos anteriores con los tratamientos 2 y 3 se encontró una diferencia significativa. Entre los tratamientos 2 y 3 no hubo diferencia significativa, el tratamiento 5 reportó el máximo promedio de volumen de agua aplicada, mientras que los tratamientos 2 y 3 presentan los promedios más bajos.

A continuación en la tabla VII se presentan los resultados respecto a la eficiencia del uso del agua para cada uno de los tratamientos, así como su promedio, en la tabla se observa que el tratamiento 3 su promedio presenta la mayor eficiencia en el uso del agua, sin embargo para una observación más implícita, se presenta el análisis de varianza en la siguiente tabla VIII, se observa que no existe diferencia significativa entre los efectos medios de los tratamientos, por tanto estadísticamente presentan una igualdad en la eficiencia del uso del agua.

Para la discusión de los resultados se presenta la siguiente tabla IX, exponiéndose los promedios respecto al volumen de agua aplicada en cada uno de los tratamientos, rendimiento kg de semilla por hectárea y la eficiencia del uso del agua expresada en metros cúbicos de agua utilizados para producir un kilogramo de semilla.

En la tabla IX se observa que el tratamiento 5 presenta el mayor promedio de rendimiento al compararlo con los -

TABLA VI. Pruebas de comparación de medias en los tratamientos para la variable Volumen de agua en  $m^3/ha.$  -- "Riego por surcos alternos en el cultivo del frijol" Marín, N.L., Ciclo Primavera-Verano 1983.

TRATAMIENTO	PRUEBA TUKEY		
	DIFERENCIA MINIMA SIGNIFICATIVA		
5	NS	0.05	0.01
1	   	273.3921	357.1446
4			
2			
3	NS		

NS = Diferencia no significativa.

demás tratamientos, se encontraron diferencias positivas con el tratamiento 1 fue de 23.67% con el tratamiento 2, de 43.11% con el 3 de 28.70% y con el tratamiento 4 fue de 28.17% aunque estadísticamente los tratamientos 5, 1, 4 y 3 presentaron igualdad, esta igualdad al parecer es debido por el efecto de la lluvia que se presentó en una mayor intensidad y frecuencia en la etapa de floración como se aprecia en la figura 3 - del apéndice.

Sin embargo las diferencias entre los efectos medios en

TABLA VII. Eficiencia del uso del agua en metros cúbicos de agua por kilogramo de semilla, para cada uno de los tratamientos así como el promedio. "Riego por surcos alternos en el cultivo del frijol", Marín, N.L. Ciclo Primavera-Verano 1983.

TRATA- MIENTO	R E P E T I C I O N				PROMEDIO
	1	2	3	4	
1	2.871	3.276	2.007	3.788	2.8183
2	2.753	2.600	2.668	2.241	2.5630
3	1.706	2.054	1.970	2.339	1.9898
4	3.088	1.922	3.407	3.695	2.9045
5	2.858	2.296	2.055	2.309	2.3482

Los tratamientos es posible que se deban a los tratamientos, ya que se observó en la Tabla IX, que a medida que aumenta el --rendimiento aumenta el volumen de agua utilizada en cada uno de los tratamientos.

El rendimiento en semilla resultó bajo al parecer; por el retraso de 2 días en el tercer riego, también por efecto de las altas temperaturas que se presentaron en la etapa de floración y por la salinidad del suelo y/o del agua que se reflejó como síntoma en casi todas las plantas de las unidades experimentales.

TABLA VIII. Análisis de varianza para la variable eficiencia del uso del agua  $m^3$  de agua por kilogramo de semilla producida. "Riego por surcos alternos en el cultivo del frijol". Marín, N.L. Ciclo Primavera-Verano 1983.

FUENTE DE VARIACION	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADO MEDIO	F CALCULADA	F TABULADA
Media	1	134.6960			0.05 0.01
Tratamiento	4	2.6503	0.6625	1.9411	3.36 5.67
Bloques	3	0.6959	0.2319	0.6794	3.59 6.22
Error	11	3.7547	0.3413		
TOTAL	19	141.7969			

CV = 22.51

NS = Diferencia no significativa

En la eficiencia del uso del agua, aunque estadísticamente no hubo diferencias significativas, en la tabla IX, se observó que el tratamiento 3 resultó en promedio con una mayor eficiencia, en orden descendente le siguen los tratamientos 5, 2, 1 y 4 y con respecto a diferencias en por ciento tenemos que el tratamiento 3 es superior a los tratamientos 5, 2, 1 y 4 en 18.01, 28.80, 41.63 y 45.96 respectivamente.

TABLA IX.- Promedios para cada uno de los tratamientos de volumen en  $m^3$  de agua por hectárea, rendimiento de semilla en kg de semilla por hectárea y eficiencia del uso del agua  $m^3$  de agua por kg de semilla. "Riego por surcos alternos en el cultivo del frijol". Marín, N.L. Ciclo Primavera-Verano 1983

TRATAMIENTO	VOLUMEN $M^3$ /Ha.	RENDIMIENTO DE SEMILLA Kg/Ha.	EFICIENCIA DE USO DEL AGUA $M^3H_2O$ /Kg SEM.
1	1887.78888	669.812	2.8183
2	1279.515	499.207	2.5630
3	1244.9091	625.632	1.9898
4	1830.7998	630.317	2.9045
5	2060.7273	877.570	2.3482

Las causas por las cuales el tratamiento 3 resulta con una mayor eficiencia en el uso del agua de riego al parecer una es el efecto de lluvias que se presentaron en el desarrollo del experimento, las cuales no se tomaron en cuenta para el análisis estadístico, otra causa de la mayor eficiencia del uso del agua a favor del tratamiento tres, puede ser, el propio efecto del tratamiento, este consistía en regar los surcos en forma alterna durante todo el ciclo del cultivo, pero regando el surco par, luego el surco non, y de nuevo el surco par, de modo que este tratamiento ----

distribuía el agua en el suelo en una forma más uniforme que los otros tratamientos que se regaban en forma alterna. También es posible que la interacción tratamiento-lluvia sea la causa principal de una mayor eficiencia del uso del agua a favor del tratamiento 3, ya que se observa en la Tabla IX, que es el tratamiento que reporta que utilizó en 39.59% de volumen de agua menos que el tratamiento 5 que obtuvo el máximo rendimiento, sin embargo la relación del tratamiento 3 con las lluvias es favorable, ya que se presentaron en las etapas críticas del desarrollo del cultivo principalmente en la etapa de floración (ver figura 3 del apéndice).

La floración se presentó uniforme dentro y entre los tratamientos al parecer, por de lluvias en la etapa vegetativa y el primer riego que ocasionaron, una uniformidad de humedad en el suelo.

No se presentaron diferencias significativas entre los efectos de los bloques, por lo tanto se presentó una baja heterogeneidad en el suelo del lote experimental.

## CONCLUSIONES

- 1.- El tratamiento 5 (riego por surcos convencionales) resultó ser el mejor, debido a su promedio más alto, el tratamiento 2 (riego por surcos alternos durante todo el ciclo del cultivo) reporta el promedio más bajo para la variable rendimiento de semilla.
- 2.- El rendimiento en grano fue bajo al parecer por el efecto de altas temperaturas que se presentaron durante la etapa de floración del cultivo.
- 3.- El tratamiento 1 (riego por surcos alternos solo durante la etapa vegetativa del cultivo) y el 4 (riego por surcos alternos solo durante la etapa vegetativa del cultivo, riego par a los surcos pares y riego non a los surcos nones), resultaron practicamente iguales, debido a la uniformidad de la floración y el corto tiempo de la etapa vegetativa del cultivo que no permitió dar otro riego para que se diferenciaron dichos tratamientos.
- 4.- El tratamiento 3 (riego por surcos alternos durante todo el ciclo del cultivo, riego par a los surcos pares y riego non a los surcos nones) resultó tener en promedio el menor volumen de agua aplicado.
- 5.- El tratamiento 3 (riego por surcos alternos durante to-

do el ciclo del cultivo, riego par a los surcos pares y riego non a los surcos nones), resultó con el mejor promedio -- respecto a la eficiencia del uso del agua de riego.

## RECOMENDACIONES

- 1.- Buscar otra forma de medir el abatimiento de la lámina de agua disponible y no hacerlo en base a un solo tratamiento, ya que de esta manera se tienen en desventaja a los tratamientos restantes.
- 2.- Realizar estudios donde se relaciona la aplicación de a bonos orgánicos e inorgánicos con el riego por surcos - alternos como alternativa para aumentar la eficiencia - del uso del agua.
- 3.- Realizar estudios donde se considere un análisis económico, relacionando el riego por surco convencional y el riego por surco alternativo.
- 4.- Considerar al sistema radicular como dinámico y la zona efectiva de raíces, para reducir las láminas de riego.
- 5.- Considerar el potencial osmótico para determinar la lámina de agua disponible para las plantas, como alternativa para ampliar los niveles de humedad aprovechable para no someter las plantas a restricciones de humedad.
- 6.- Realizar estudios donde se relacione el riego por surcos alternos y practicas de labranza, como alternativa para aumentar la eficiencia del uso del agua.

## RESUMEN

En la Estación Experimental Agropecuaria de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León, ubicada en Marín, N.L., México, se llevó a cabo un experimento durante el ciclo agrícola Primavera-Verano 1983 con la finalidad de probar el método de riego por surcos alternos en el cultivo del frijol, para tratar de desarrollar una metodología de uso del agua que permita el ahorro del agua de riego.

Se utilizó el diseño bloques al azar bajo 5 tratamientos y 4 repeticiones: Los tratamientos fueron los siguientes:

- 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 par a los surcos pares; riego non a los surcos nones).
- 4.- Riego por surcos alternos solo durante la etapa vegetativa del cultivo (riego par a los surcos pares y riego non a los surcos nones).

## 5.- Riego por surcos convencionales.

Se consideraron las variables rendimiento de semilla -- (kg/Ha), volumen de agua aplicada de  $M^3$ /Ha, y eficiencia del uso del agua en  $M^3$  de agua aplicada por kg de semilla producida.

Se concluyó que para la variable rendimiento de semilla el tratamiento 5 resultó ser el mejor, sin embargo no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos 5, 4 y 3, el tratamiento 2 resultó ser el más bajo.

En forma general, el rendimiento resultó bajo debido al efecto de altas temperaturas.

Para la variable volumen de agua aplicado, el tratamiento 3 reportó el menor volumen de agua aplicado, el tratamiento 3 no presentó diferencias significativas con el tratamiento 2; los tratamientos 5, 4 y 1 presentaron el mayor volumen de agua aplicado y no presentaron diferencias significativas entre ellos, pero sí con los tratamientos 2 y 3.

Para la variable eficiencia del uso del agua, no se presentaron diferencias significativas entre tratamientos, el tratamiento 3 presentó el mejor promedio.

Las lluvias que se presentaron, la textura del suelo y -

el propio efecto del tratamiento al parecer fueron las causas por las cuales el tratamiento 3 reportara diferencias no significativas con el tratamiento 5 para la variable rendimiento de semilla; también el menor promedio para la variable volumen de agua aplicada y el mejor promedio para la variable eficiencia de uso del agua de riego.

## BIBLIOGRAFIA

- 1.- AGUILERA E.J. 1978.- Resultados de Investigaciones en Métodos de Riego 1976-1978. SARH. CENAMAR.
- 2.- ANONIMO 1982.- Logros y aportaciones de la investigación agrícola en el cultivo del frijol en México. SARH INEA.
- 3.- ANONIMO 1974.- Eficiencia del riego S.R.H. Dirección General de Distritos de Riego. Dirección de Estadística y Estudios Económicos M.T. 333.
- 4.- ANONIMO 1983.- Apuntes del curso Métodos de Riego a Universidades. CENAMAR SARH Ciudad Lerdo, Dgo. México.
- 5.- BRUCE R.R. 1965.- Cotton row spacing as it affects soil-water utilization and yield. Agron. J. 57 (4).
- 6.- CHAVEZ M.J. 1980. Diseño en métodos de riego. Operación de Distritos de Riego, Nivel Técnico Superior, 5ta Edición México, D.F.
- 7.- DENMEAD. O.T. Y R.H. SHAW. 1962.- Availability of soil water to plants as affected by soil moisture content - Agron. J. 54 (6).

- 8.- DIEHL R. y MATEO, BOX J.M. 1973.- Fitotecnia general. 1a. Edición, Mundi-Prensa Madrid.
- 9.- GUZMAN CAVAZOS 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 Estado de Nuevo León. - Facultad de Agronomía, U.A.N.L. Tesis no publicada.
- 10.- HAWKINS, B.S. y H.A. PEACOCK 1968.- Effect of skip-row culture on agronomic and fiber properties of upland cotton (*Gossypium hirsutum* L.) *Varietes Agron. J.* 60 (2).
- 11.- HERNANDEZ, Y.C. 1981.- Riego con sifomes CENAMAR.
- 12.- HIDALGO GRANADOS A. 1971.- Métodos modernos de riego -- por superficie. 1a. Edición, Aguilar. España.
13. ISRAELSEN O.W. y V.E. HANSEN 1965.- Principios y aplicaciones del riego. Ed. Reverte S.A. México.
- 14.- JOHAN D.B. KIRCHNER S.F.R. LOPEZ G. Etal 1982.- Cultivos básicos 1a. Edición. Trillas, México, D.F.
- 15.- KITTOK D.L. 1975.- Skip-row planting of pima cotton -- *Agrom J.* 67 (5).

- 16.- KRAMER J.P. 1974.- Relaciones hídricas de suelos y plantas. 1a. Edición EDUTEX, México, D.F.
- 17.- LONGENECKER, D.E. THAXTON, E.L. LYERLY P.J. 1969.- Variable row spacing of irrigated cotton as a mean for reducing production costs and conserving water. Agron J. 61 (4).
- 18.- MASCIOTT. G.Z. 1974.- Efecto de la deficiencia de agua sobre el metabolismo del nitrógeno y el crecimiento de algunas variedades de frijol. Tesemag S.C. Viscosa Brasil.
- 19.- MERLA, R.G. 1976.- Estructura Urbanística del Noroeste de México. Centro de Investigaciones Urbanísticas. Universidad Autónoma de Nuevo León. V.I.
- 20.- MUSICK J.Y. y D.A. DUSEK 1982.- Skip planting and irrigation of graded furrows transactions of ASAE 25 (1).
- 21.- PALACIOS VELEZ E. y MARTINEZ A.G. 1978.- Respuesta en el rendimiento de los cultivos a diferentes niveles de humedad del suelo. 1a. Edición S.A.R.H. C.P. Chipingo México.
- 22.- RODRIGUEZ G.F. y SAMPAT A.G. 1976.- Evaluación de características edáficas, hidrologicas y climaticas con fines de producción de algunos cultivos en zonas áridas U.

A.A.A.N. Saltillo, México.

- 23.- ROJAS GARCIDUEÑAS M. 1979.- Fisiología vegetal aplicada, 2a. edición Mc Graw-Hill, México, D.F.
- 24.- RZEDOWSKI J. 1981.- Vegetación de México, 1a. Edición. LIMUSA, México, D.F.
- 25.- SAUCHELLI, V. 1973.- Granos y fertilizantes de México - boletín técnico número 8 México
- 26.- STANBERRY C.G. 1974.- Prácticas de riego en alfalfa. A gua. Departamento de Agricultura de los Estados Unidos 1a. Edición Herrera, México, D.F.
- 27.- TISDALE, L.S. y NELSON, W.L. 1970.- Fertilidad de suelos y fertilizantes, 1a. Edición Montaner y Simón. Barcelona España.

A P E N D I C E

TABLA 1.- Características físicas y químicas del lote experimental. "Riego por surcos alternos en el cultivo -- del frijol" Ciclo Primavera-Verano. Marín, N.L. 1983

Estrato (cm)	0-30	30-60
Arena	16.76%	30.76%
Limo	57.96%	50.96%
Arcilla	25.28%	18.27%
Textura	Arcilloso	Arcilloso
C.C.	26.50%	25.40%
PMP	12.35%	13.80%
Da	1.2 gr/cm <sup>3</sup>	1.4 gr/cm <sup>3</sup>
Lad	5.09 cm	4.88 cm
C.E.	1.9 mmhos/cm	1.6 mmhos/cm
PH	7.9	7.7
M.O.	3.3	1.7
N (total)	0.16%	0.018%
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (aprovechable)	5.22 p.p.m.	4.4 p.p.m.
K <sub>2</sub> O (aprovechable)	380 kg/ha.	390 kg/ha.

TABLA 2.- Características del agua de riego. "Riego por surcos alternos en el cultivo del frijol" Ciclo Primavera-Verano. Marín, N.L. 1983.

Análisis	Datos	Observaciones
CE x 10 <sup>6</sup> a 25°C	1200	Altamente salina
PH	7.3	
Ca en me/l	4.6	
Mg en me/l	1.8	
Na en me/l	5.6	
CO <sub>3</sub> en me/l	0.4	
HCO <sub>3</sub> en me/l	0.56	
Cl en me/l	5.55	No recomendable
SO <sub>4</sub> en me/l	5.49	
SE en me/l	7.4	Condicionada
SP en me/l	8.3	Condicionada
RAS	3.15	Baja en sodio
CRS en me/l	0.00	Buena
PSP en me/l	75.68	Condicionada
Clasificación	C <sub>3</sub> S <sub>1</sub>	Agua altamente salina Agua baja en sodio

TABLA 3.- Características de algunos elementos climáticos que se presentaron desde la siembra a la cosecha. "Riego por surcos alternos en el cultivo del frijol". - Marín, N.L. Ciclo Primavera-Verano 1983

Mes	Día	Temperatura en °C			Pp mm	Evaporación mm
		Máx.	Mfn.	Media		
Feb.	18	25	7	16		4.5
	19	27	9	18		2.83
	20	30.5	8	19		2.10
	21	24	6	15		1.83
	22	27	3	15		3.95
	23	27	5	16		3.85
	24	23	12	17.5	2	3.15
	25	30	16	23	25.4	3.50
	26	28	12	20		4.15
	27	22	9	15.5		4.40
	28	27	7	17		3.28
Mar	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

Continúa Tabla 3

Mes	Día	Temperatura °C			Pp mm	Evaporación mm
		Máx	Min	Media		
Mar	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	3.5
	13	28	7	17.5	7.5	3.59
	14	31	12	21.5		4.63
	15	24	14	19		3.72
	16	27	10	18.5		7.27
	17	28	6	17		11.33
	18	24	10	17		6.12
	19	23	10	16.5		5.48
	20	15	5	10		4.39
	21	21	10	15.5		4.81
	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		9.22
	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

Continúa Tabla 3

Mes	Día	Temperatura en °C			Pp mm	Evaporación mm
		Máx	Min.	Media		
Mar	31	30	11	20.5		4.59
Abr	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	30	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

Continúa tabla 3

Mes	Día	Temperatura en °C			Pp mm	Evaporación mm
		Máx.	Min.	Media		
Abr	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
	May	1	42	22	32	
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

Continúa tabla 3

Mes	Día	Temperatura °C			Pp mm	Evaporación mm	
		Máx.	Min.	Media			
May	14	28	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	
	Jun	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

Continúa tabla 3

Mes	Día	Temperatura °C			Pp mm	Evaporación mm
		Máx.	Min.	Media		
Jun	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	23	28.5		8.77
	21	35	22.5	28.7		8.58
	22	35	23	29		6.09
	23	35	23	29.5		7.85
	24	36	23	29.5	13.0	9.16
	25	36	23	29.5		8.41
	26	40.5	23	31.7		9.58

Continúa tabla 3

Mes	Día	Temperatura en °C			Pp mm	Evaporación mm
		Máx.	Min.	Media		
Jun	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
Jul	1	33	25	29		6.41
	2	34	24	29		7.16
	3	33	25	29		6.54
	4	36	25	29.5		7.37
	5	31	24	28		6.12
	6	36	24	30		7.96
	7	36	23	29.5		9.37

Tabla 4.- Contenido de humedad en el suelo antes de la aplicación del primer riego de auxilio y láminas de riego. 6 de Abril, 1983. "Riego por surcos alternos en el cultivo del frijol" Ciclo Primavera-Verano. Marín, N. L. 1983.

Bloque	Estrato	Tratamiento	C.H.%.	Lr (cm)
I	0-30	1	17.5	2.3
	30-60		18.9	2.7
	0-30	2	21.2	1.9
	30-60		16.3	3.8
	0-30	3	20.5	2.1
	30-60		17.4	3.3
	0-30	4	21.0	1.6
	30-60		20.4	2.1
	0-30	5	18.8	2.7
	30-60		19.4	2.5
II	0-30	1	20.3	2.2
	30-60		17.0	2.5
	0-30	2	20.3	2.2
	30-60		19.4	2.7
	0-30	3	20.8	2.0
	30-60		18.9	2.7
	0-30	4	21.5	1.8
	30-60		18.9	2.7

Continúa tabla 4

Bloque	Estrato	Tratamiento	C.H.%	Lr (cm)
II	0-30	5	17.5	2.3
	30-60		18.7	2.8
III	0-30	1	18.4	2.1
	30-60		17.4	2.7
	0-30	2	17.6	2.4
	30-60		14.9	3.3
	0-30	3	21.5	2.6
	30-60		20.0	2.3
	0-30	4	20.3	3.1
	30-60		19.6	3.2
	0-30	5	17.5	2.5
	30-60		19.6	3.3
IV	0-30	1	20.8	2.0
	30-60		19.6	2.4
	0-30	2	19.7	2.4
	30-60		21.0	1.8
	0-30	3	20.4	2.1
	30-60		18.2	3.0
	0-30	4	20.3	2.2
	30-60		17.4	3.3
	0-30	5	20.3	2.2
	30-60		17.7	3.2

Tabla 5.- Contenido de humedad en el suelo antes de la aplicación del segundo riego de auxilio y láminas de riego. 27 de Abril de 1983. "Riego por surcos alternos en el cultivo del frijol" Ciclo Primavera-Verano. - Marín, N.L. 1983

Bloque	Estrato	Tratamiento	C.H. %	Lr (cm)
I	0-30	1	19.2	2.6
	30-60		18.4	2.9
	0-30	2	17.5	3.2
	30-60		17.0	3.5
	0-30	3	18.6	2.8
	30-60		16.5	3.7
	0-30	4		
	30-60			
	0-30	5	18.6	2.7
	30-60		18.9	2.8
II	0-30	1	18.4	2.9
	30-60		17.4	3.3
	0-30	2	17.6	3.1
	30-60		14.9	4.4
	0-30	3	21.5	1.8
	30-60		20.0	2.2
	0-30	4	20.3	2.2
	30-60		19.6	2.4
	0-30	5	17.5	2.3

Continúa tabla 5

Bloque	Estrato	Tratamiento	C.H.%	Lr(cm)
II	30-60	5	19.6	2.4
III	0-30	1	18.1	3.0
	30-60		16.7	3.6
	0-30	2	17.5	3.2
	30-60		18.0	3.1
	0-30	3	17.0	3.4
	30-60		15.6	4.1
	0-30	4	18.4	2.9
	30-60		15.5	4.1
	0-30	5	19.2	2.6
	30-60		20.5	2.1
IV	0-30	1	18.9	2.7
	30-60		17.0	3.5
	0-30	2	20.3	2.2
	30-60		18.9	2.7
	0-30	3	20.4	2.1
	30-60		18.0	3.1
	0-30	4	17.0	3.4
	30-60		16.0	3.9
	0-30	5	19.7	2.4
	30-60		18.4	2.9

Tabla 6.- Contenido de humedad en el suelo antes de la aplicación del tercer riego de auxilio y láminas de riego. 16 de Mayo, 1983. "Riego por surcos alternos en el cultivo del frijol". Ciclo Primavera---Veranc. Marín, N.L. 1983.

Bloque	Estrato	Tratamiento	C.H. %	Lr (cm)
I	0-30	1	18.6	2.8
	30-60		16.5	3.7
	0-30	2	19.2	2.6
	30-60		18.4	2.9
	0-30	3	20.8	2.0
	30-60		20.0	2.2
	0-30	4		
	30-60			
	0-30	5	19.5	2.5
	30-60		18.2	3.0
II	0-30	1	19.7	2.4
	30-60		19.6	2.4
	0-30	2	21.2	1.9
	30-60		17.7	3.2
	0-30	3	17.5	2.3
	30-60		18.4	2.9
	0-30	4	21.2	1.9
	30-60		20.4	2.1

Continúa tabla 6

Bloque	Estrato	Tratamiento	C.H. %	Lr (cm)
II	0-30	5	18.6	2.8
	30-60		19.4	2.5
III	0-30	1	17.7	3.1
	30-60		19.2	2.6
	0-30	2	20.9	2.0
	30-60		16.7	3.6
	0-30	3	20.5	2.1
	30-60		17.4	3.3
	0-30	4	19.7	2.4
	30-60		19.1	2.6
	0-30	5	20.3	2.2
	30-60		18.9	2.7
IV	0-30	1	18.6	2.8
	30-60		17.7	3.2
	0-30	2	21.7	1.7
	30-60		18.7	2.8
	0-30	3	21.2	1.9
	30-60		16.7	3.6
	0-30	4	19.7	2.4
	30-60		18.4	2.9
	0-30	5	21.5	1.8
	30-60		17.4	3.3

Tabla 7.- Rendimiento de semilla en kg/ha. para cada una de las unidades experimentales. "Riego por surcos - alternos en el cultivo del frijol". Ciclo Primavera-Verano. Marín, N.L., 1983.

Tratamientos	R e p e t i c i o n e s			
	I	II	III	IV
1	661.81	559.27	957.57	500.60
2	486.06	506.90	496.00	507.87
3	733.33	559.03	680.48	529.69
4	618.01	795.15	572.36	992.72
5	741.81	875.15	992.72	900.60

Tabla 8.- Volumen de agua (m<sup>3</sup>/ha) aplicada a cada una de las unidades experimentales. "Riego por surcos alternos en el cultivo del frijol". Ciclo Primavera-Verano. Marín, N.L. 1983.

Tratamientos	R e p e t i c i o n e s			
	I	II	III	IV
1	1900.3636	1832.2424	1922.4242	1896.4848
2	1338.1818	1318.0600	1323.3939	1138.4242
3	1251.3939	1148.3636	1341.0909	1238.7879
4	1864.7677	1528.4848	1950.5455	1890.1212
5	2120.2424	2010.1818	2040.2424	2080.2424

Tabla 9.- Eficiencia del uso del agua en m<sup>3</sup> de agua por kg. de semilla para cada uno de los tratamientos. --- "Riego por surcos alternos en el cultivo del frijol" Ciclo Primavera-Verano. Marín, N.L. 1983.

Tratamiento	R e p e t i c i o n e s			
	I	II	III	IV
1	2.871	3.276	2.007	3.788
2	2.753	2.600	2.668	2.241
3	1.706	2.054	1.970	3.339
4	3.088	1.922	3.407	3.695
5	2.858	2.296	2.055	2.309

Tabla 10.- Guía para la reflexión sobre la eficiencia del riego, propuesta por la Comisión Internacional del Riego y Drenaje (1974).

	Número	I.C.I.D.		Definiciones Encontradas en Otros Lugares	Definiciones Propuestas o Preferidas
		Definiciones en Inglés	Definiciones en Francés		
desde $Q_3$	$\frac{7917}{4251}$	Eficiencia de conducción del agua. Eficiencia de los canales. Eficiencia del sistema Eficiencia de los canales	Rendimiento del transporte del agua		En ciertos distritos no existen fases intermedias entre la fuente de distribución del agua y la parcela. Sólo se usarán $Q_0$ y $Q_1$
$Q_0$	$\frac{7917}{4251}$	Como arriba			$Q_0$ sustituyendo "Explotación" por "grupos de parcelas"
$Q_0$ $Q_1$ $Q_2$					Eficiencia de la aplicación del agua.
$Q_0$ $Q_1$ $Q_2$ $Q_3$	$\frac{2917}{2920}$	Eficiencia del riego Eficiencia total de la conducción y la entrega del agua.	Rendimiento del riego Rendimiento global del riego.	Factor de eficiencia real $\frac{1}{2}$ Eficiencia del distrito $\frac{2}{*}$	Eficiencia del riego - Eficiencia de un distrito (riego) (.)
$Q_0$ $Q_1$ $Q_2$ $Q_3$	$\frac{7913}{7914}$	Eficiencia del uso del agua Eficiencia del uso del agua de un distrito.	Rendimiento hidráulico de un riego. Rendimiento hidráulico de una empresa de riego.		Eficiencia beneficiosa del riego Eficiencia beneficiosa de un distrito (riego) (.)
$Q_0$ $Q_1$ $Q_2$ $Q_3$					Eficiencia de riego del distrito
$Q_0$ $Q_1$ $Q_2$ $Q_3$					Productividad del distrito de riego.
$Q_0$ $Q_1$ $Q_2$ $Q_3$ $Q_4$ $Q_5$ $Q_6$ $Q_7$					Eficiencia económica del riego.

Continúa tabla 10.

Número	I.C.I.D.		Definiciones Encontradas en Otros Lugares	Definiciones Propuestas o Preferidas
	Definiciones en Inglés	Definiciones en Francés		
Desde Q <sub>2</sub> Q <sub>2</sub>	(Eficiencia de la aplicación del agua a la parcela)	Rendimiento de la aportación de agua a una parcela		Eficiencia de la aplicación del agua a la parcela (.) (7913 modificada)
2919	Eficiencia del riego de la parcela.	Rendimiento del riego de un campo o de una parcela.		Eficiencia en una parcela (riego) (-)
7916	Eficiencia del uso del agua en la parcela.	Rendimiento hidráulico del riego de una parcela.		Eficiencia beneficiosa en una parcela (riego) (agua (.))
Q <sub>2</sub> Q <sub>3</sub> Q <sub>4</sub> Q <sub>5</sub>				Eficiencia en una parcela (riego) (agua (-))
Q <sub>2</sub> Q <sub>3</sub> Q <sub>4</sub> Q <sub>5</sub>				Productividad de una parcela (riego) (agua).
Q <sub>2</sub> Q <sub>3</sub> Q <sub>4</sub> Q <sub>5</sub> Q <sub>6</sub>				Eficiencia económica en una parcela (riego) (agua (.))

Continúa tabla 10

Número	I.C.I.D.		Definiciones Propuestas en Otros Lugares	Definiciones Propuestas o Preferidas
	Definiciones en Inglés	Definiciones en Francés		
Desde Q <sub>3</sub> Q <sub>3</sub>	Definiciones del uso consuntivo	Rendimiento del consumo absoluto de agua.		Q <sub>3</sub> sólo interesa con independencia de los efectos de la evaporación superficial; por tanto, proponemos "Eficiencia del agua de riego almacenada en la zona radicular del suelo" (.)
Q <sub>3</sub> Q <sub>4</sub>				Beneficio del agua almacenada en la zona radicular del suelo (riego) (.)
Q <sub>3</sub> Q <sub>4</sub> Q <sub>5</sub>				Eficiencia del agua almacenada en la zona radicular del suelo (riego) (.)
Q <sub>3</sub> Q <sub>4</sub> Q <sub>5</sub> Q <sub>6</sub>				Productividad del agua almacenada en la zona radicular del suelo (riego) (.)
Q <sub>3</sub> Q <sub>4</sub> Q <sub>5</sub> Q <sub>6</sub> Q <sub>7</sub>				Eficiencia económica del agua almacenada en la zona radicular del suelo (riego) (.)
Desde Q <sub>4</sub> Q <sub>4</sub>	Factor de transpiración	Relación transpiración/sumo		Eficiencia de la transpiración de un cultivo (.)
Q <sub>4</sub> Q <sub>5</sub>				Eficiencia de la evapotranspiración (1) (.)
Q <sub>4</sub> Q <sub>5</sub> Q <sub>6</sub> Q <sub>7</sub>	Eficiencia del uso de la humedad. Eficiencia de la utilización de la humedad. Eficiencia de la utilización del agua.	Rendimiento del consumo de agua por un cultivo.		Productividad de la evapotranspiración (1) (.) Eficiencia económica de la evapotranspiración (.)

Continúa tabla 10.

Número	I.C.I.D.		Definiciones Propuestas en Otros Lugares	Definiciones Propuestas o Preferidas
	Definiciones en Inglés	Definiciones en Francés		
Desde Q <sub>5</sub> Q <sub>5</sub>	Eficiencia de la transpiración 1/Necesidad de unidades de agua.	Rendimiento de la transpiración 1/Coeficiente de transpiración		Eficiencia de la transpiración (.)
Q <sub>5</sub> Q <sub>6</sub>	1/Relación de transpiración. Eficiencia de la transpiración. Coeficiente de transpiración. Transpiración relativa.	1/Coeficiente de transpiración		Productividad de la transpiración (.)
Q <sub>5</sub> Q <sub>6</sub> Q <sub>7</sub>				Eficiencia económica de la transpiración (.)
Desde Q <sub>5</sub> Q <sub>6</sub>				Porcentaje de materia seca cosechada.
Q <sub>6</sub> Q <sub>7</sub>				Porcentaje de materia seca vendida.
Desde Q <sub>7</sub> Q <sub>7</sub>				Porcentaje de la cosecha vendida.

Los números propuestos en la tabla se refieren únicamente al riego o a la vez al riego y a la lluvia, en este último caso, las relaciones correspondientes van precedidas por el signo (.).

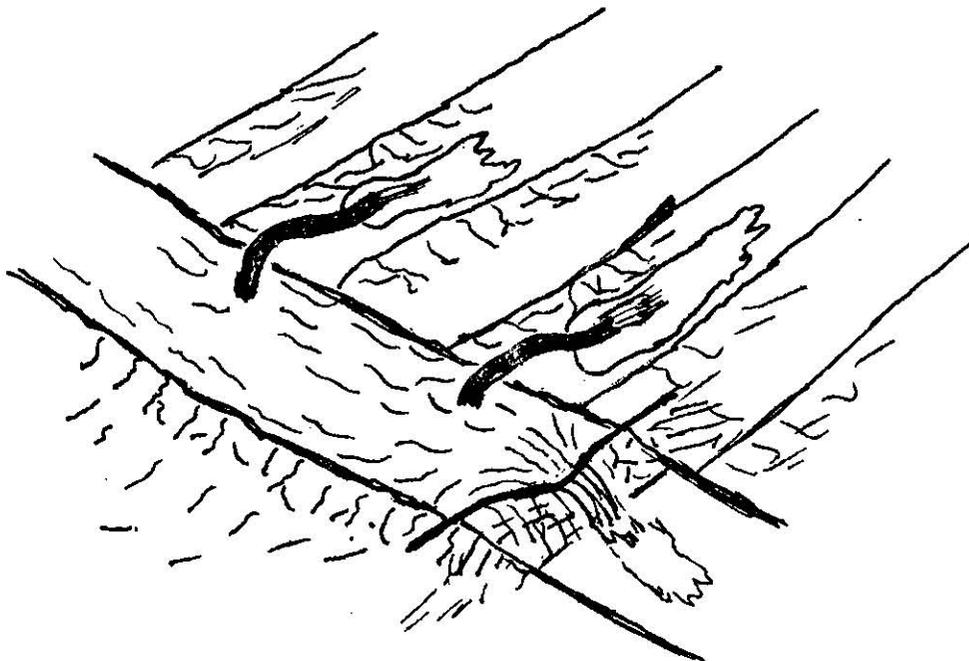


Fig. 1.- Control de la carga hidráulica "Riego por surcos alternos en el cultivo del frijol".  
Ciclo Primavera-Verano 1983. Marín, N.L.

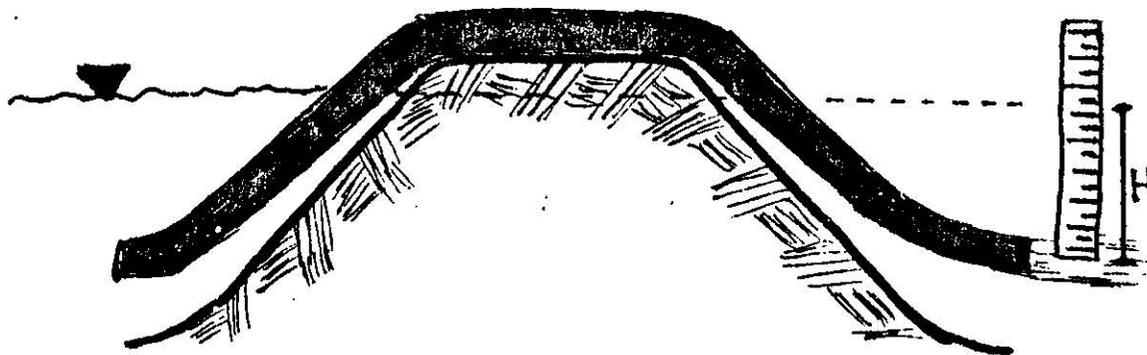


Fig. 2.- Medición de la carga hidráulica de los sifones en el momento del riego. "Riego por surcos alternos en el cultivo del frijol".  
Marín, N.L. Ciclo Pim-Ver. 1983.

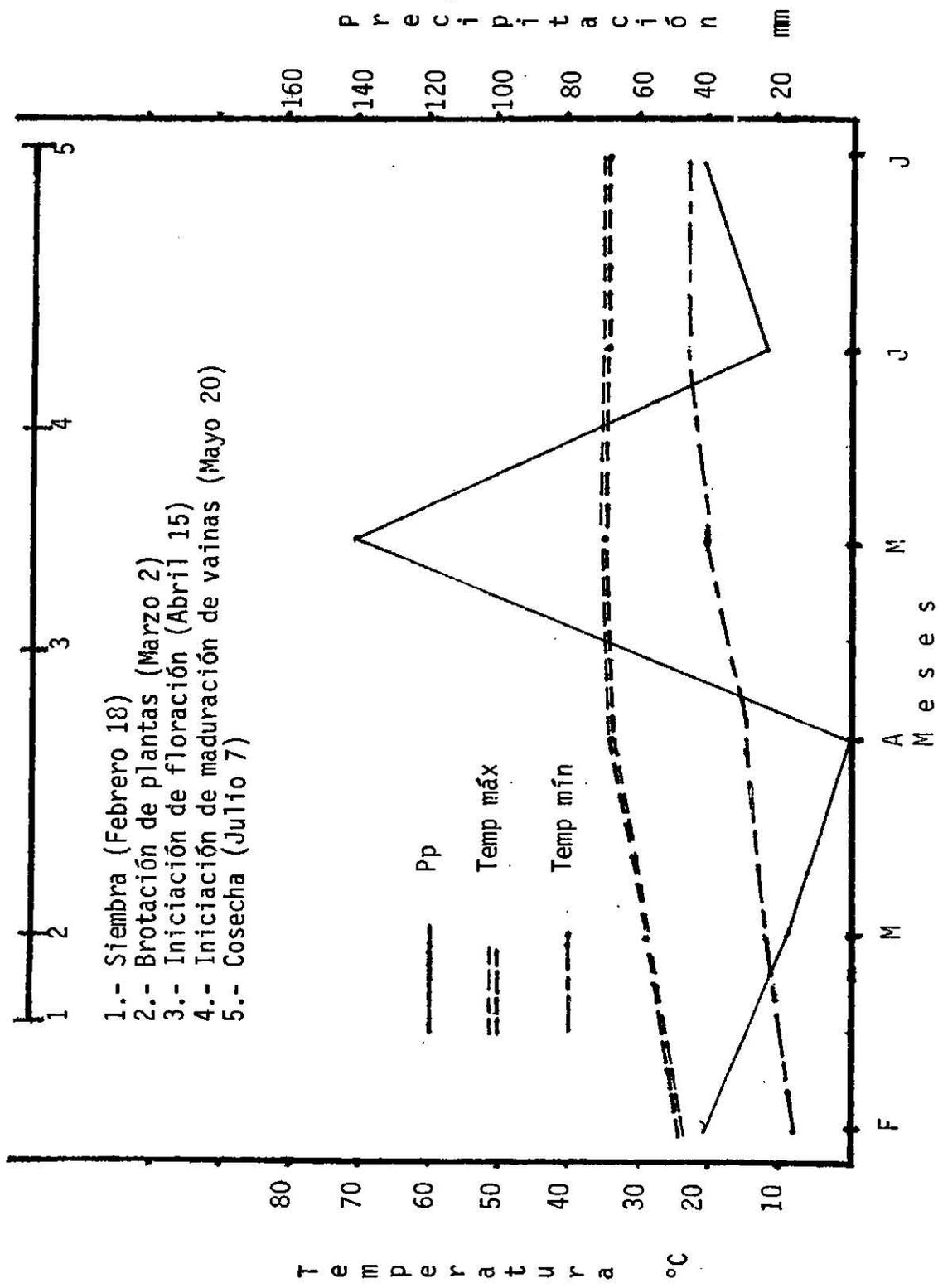


Figura 3.- Climograma y fenología. "Riego por surcos alternos en el cultivo del frijol". Marín, N.L. Ciclo Prim.-Ver. 1983.

