

**UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON**

**FACULTAD DE AGRONOMIA**



**EVALUACION DEL METODO DE RIEGO POR  
SURCOS ALTERNOS CON 5 DOSIS DE  
FERTILIZACION NITROGENADA EN EL  
CULTIVO DE FRIJOL (*Phaseolus vulgaris* L.)**

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO AGRONOMO FITOTECNISTA**

**PRESENTA**

**JUAN FRANCISCO PINALES QUIROZ**

**MARIN, N. L.,**

**JULIO DE 1986**

T

SB327

P5

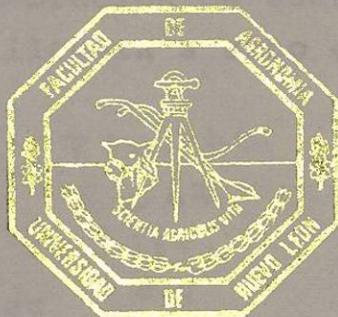
C.1



1080062876

# UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE AGRONOMIA



EVALUACION DEL METODO DE RIEGO POR  
SURCOS ALTERNOS CON 5 DOSIS DE  
FERTILIZACION NITROGENADA EN EL  
CULTIVO DE FRIJOL (*Phaseolus vulgaris* L.)

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO AGRONOMO FITOTECNISTA

PRESENTA

JUAN FRANCISCO PINALES QUIROZ

MARIN, N. L.,

002901

JULIO DE 1986

T  
SB 327  
P5

040.635  
FA 6  
1986  
C.5

  
Biblioteca Central  
Magna Solidaridad  
F. tesis

  
BU Rauli Rangel Flores  
UANL  
FONDO  
TESIS LICENCIATURA

## AGRADECIMIENTO

A los Ingenieros:

Benjamín S. Ibarra Ruiz  
Carlos H. Sánchez Saucedo

Por su valiosa colaboración de asesoramiento y apoyo, para que se llevara a cabo el presente trabajo.

A los Compañeros:

Enel Ponce Martínez  
Audelio Mendoza Rodríguez

Por el incalculable valor de su ayuda en la realización de este trabajo.

A los Grandes Amigos:

Roberto Martín Alegría Zebadua  
Oswaldo De la Rosa Rivera  
Por su inmejorable amistad.

Al Campo Agrícola Experimental Anáhuac:

Por su apoyo en el mecanografiado del presente

## DEDICATORIA

### A MIS PADRES:

Salvador Pinales Estrada  
Esther Quiroz de Pinales  
Oralia Paez

Por su gran ejemplo de responsabilidad,  
cariño y confianza que me han brindado

### A MIS HERMANOS

Yolanda  
Rosalinda  
Roberto  
Salvador  
Rafael

En especial a Rosa María por su gran  
amor de hermana y por darme la oportu-  
nidad de realizar mis estudios.

### A MI ESPOSA

G. Elia

"El gran amor de mi vida"  
por su enorme confianza,  
paciencia y apoyo.

## INDICE

	Pág.
INTRODUCCION . . . . .	1
REVISION DE LITERATURA . . . . .	3
Generalidades sobre el cultivo de frijol en México.	3
Generalidades sobre el efecto del nitrógeno en el rendimiento de los cultivos . . . . .	5
Efecto de la fertilización nitrogenada sobre el rendimiento del frijol . . . . .	9
La humedad del suelo y su efecto sobre el desa- rrollo del frijol . . . . .	12
Interacción entre humedad-fertilización y su efec- to sobre el rendimiento . . . . .	15
El método de riego por surcos . . . . .	23
Antecedentes del riego por surcos alternos . . . . .	26
MATERIALES Y METODOS . . . . .	40
RESULTADOS Y DISCUSION . . . . .	55
CONCLUSIONES . . . . .	59
RECOMENDACIONES . . . . .	60
RESUMEN . . . . .	61
BIBLIOGRAFIA . . . . .	63
APÉNDICE . . . . .	69

## INDICE DE TABLAS

	Pag.
<p>TABLA 1. Densidad aparente del área de estudio por estratos de 30 cms. "Evaluación del método de riego por surcos alternos con 5 dosis de fertilización nitrogenada en el cultivo de frijol". Marín, N.L., ciclo primavera-verano 1984. . . . .</p>	49
<p>TABLA 2. Rendimiento de semilla y rendimiento promedio en Kg/Ha. para cada uno de los tratamientos. "Evaluación del método de riego por surcos alternos con 5 dosis de fertilización nitrogenada en el cultivo de frijol". Marín, N.L. ciclo Primavera-Verano 1984. . . . .</p>	56
<p>TABLA 3. Análisis de varianza del rendimiento de semilla en kg/ha. "Evaluación del método de riego por surco alternos con 5 dosis de fertilización nitrogenada en el cultivo de frijol". Marín, N.L. ciclo Primavera-Verano 1984. . . . .</p>	57
<p>TABLA 1A. Características físico-químicas del suelo del lote experimental. "Evaluación del método de riego por surcos alternos con 5 dosis de fertilización nitrogenada en el cultivo de frijol". Marín, N.L., ciclo Primavera-Verano 1984 . . . . .</p>	70
<p>TABLA 2A. Características del agua de riego "Evaluación del método de riego por surcos alternos con 5 dosis de fertilización nitrogenada en el cultivo de frijol". Marín, N.L. ciclo Primavera-Verano 1984 . . . . .</p>	71

## INDICE DE FIGURAS

	Pag.
FIGURA 1. Croquis del experimento. Distribución de los tratamientos en el campo. "Evaluación del método de riego por surcos alternos con 5 dosis de fertilización nitrogenada en el cultivo de frijol". Marín, N.L. ciclo Primavera-Verano 1984. . . . .	44
FIGURA 2. Ubicación de los bloques en el sitio experimental. "Evaluación del método de riego por surcos alternos con 5 dosis de fertilización nitrogenada en el cultivo de frijol". Marín, N.L. ciclo Primavera-Verano 1984 . . . . .	47
FIGURA 1A. Climograma "evaluación del método de riego por surcos alternos con 5 dosis de fertilización nitrogenada en el cultivo de frijol". Marín, N.L. ciclo Primavera-verano 1984. . . . .	72

## INTRODUCCION

En México llueve 780mm en promedio. Sin embargo, la distribución espacio-tiempo no es la ideal ya que en la parte-norte de la República, que abarca aproximadamente la mitad - del territorio, se tienen precipitaciones menores de 500mm - mientras que en el sur hay zonas con valores superiores a -- los 2000mm y en la mayoría, mal repartida durante el año.

Lo anterior hace que el 67% del territorio nacional se- considere como desértico, árido y semiárido y el 33% restan- te como húmedo y semihúmedo.

En el 63% del territorio nacional es necesario el rie-- go, esto lo confirma la situación de que solamente se cose-- chan de 85 a 88% de la superficie sembrada siendo la causa - principal de lo anterior, la disponibilidad oportuna de hume- dad para el cultivo.

Aunado a este problema (escases de agua), el cultivo de frijol que se siembra y cosecha en todos los estados del --- país, en mayor o menor cantidad y que ocupa el segundo lugar como alimento, después del maíz; afronta otros que están li- mitando su producción, el uso ineficiente de agua de riego, - la ocurrencia de lluvias durante la cosecha, el deficiente - uso de fertilizantes e insecticidas, el ataque de enfermeda- des y la disponibilidad de mano de obra.

En base a lo anterior, el presente trabajo está encami-

nado a desarrollar una metodología de riego que permita obtener una mejor utilización, un máximo ahorro y en general una mayor eficiencia en la aplicación del agua de riego y a la vez contribuya a hacer más eficiente la fertilización, - la conservación del suelo y los recursos humanos.

## REVISION DE LITERATURA

### Generalidades sobre el cultivo de frijol en México

Hablar del frijol es hablar de un cultivo ligado a la historia alimenticia de nuestro país, ya que nuestros antepasados basaron su alimentación en varios tipos de frijol.

En la actualidad, no obstante la disponibilidad de --- otras fuentes de proteína de origen vegetal, la dieta del - pueblo mexicano todavía incluye el frijol como un grano importante; se estima que el consumo oscila alrededor de los- 25 kg per-cápita.

El frijol se cultiva en todas las entidades federati-- vas de la república de diversas condiciones ecológicas, tró- pico seco, trópico húmedo, zonas áridas y semiáridas, de -- temporal y de riego.

Las zonas áridas de México constituyen el 52% del terri- torio nacional; de este porcentaje, el 19% se considera ári- do y el 33% semiárido y si bien generalmente se le considera marginadas por la agricultura, son susceptibles de producir.

Se dice que estas regiones tienen poco que hacer en la producción de alimentos, pero la realidad indica que aquí - se cultiva un millón de hectáreas con frijol y más de un mi- llón de hectáreas con maíz. De ahí que la alternativa más - viable sea la de incrementar la producción unitaria, median- te la generación y aplicación de tecnología que permitan un mejor aprovechamiento de los escasos recursos (principalmen-

te agua) disponibles en las zonas áridas.

Al hablar de zonas áridas y semi-áridas, uno generalmente se refiere a los estados de Durango, Zacatecas y Chihuahua y casi siempre los conjunta con condiciones de tiempo seco o incierto. Sin embargo, también hay zonas de riego como en la Laguna, Costa de Hermosillo, Mexicali, Nuevo-León, Valle de Juárez y Coahuila, en donde el frijol requiere de tecnificación, (12).

En el ciclo de primavera-verano se siembra la mayor superficie y se obtiene también la mayor producción de frijol (1,372,076 has., y 530,839 ton), 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 consiguiente, hay un ataque severo de plagas y enfermedades.

En el ciclo de Otoño-Invierno se siembran y cosechan 264,627 has., y 246,859 ton. de grano, que corresponden al 16.17% y 31.74% de la superficie y producción nacional, respectivamente. Es importante destacar que con solo el 16% de la superficie cosechada a nivel nacional, se obtiene casi -

la tercer parte de la producción total; esto se explica por los buenos rendimientos unitarios, los cuales son 933 kg/ha (9).

#### Generalidades sobre el efecto del nitrógeno en el rendimiento de los cultivos

Los procesos vitales están asociados a la existencia de un plasma funcional que presenta al nitrógeno como constituyente característico. Además se le encuentra en un gran número de compuestos de importancia fisiológica dentro del metabolismo vegetal, tales como la clorofila, las nucleótidas, los fosfátidos, los alcaloides, enzimas, hormonas y vitaminas.

La deficiencia del nitrógeno ejerce un marcado efecto sobre los rendimientos de la planta. Las plantas permanecen pequeñas y se tornan rápidamente cloróticas, dado que no -- existe suficiente nitrógeno para la realización de la síntesis proteica y clorofílica. A causa de la deficiencia clorofílica la planta sufre la inhibición de su capacidad de asimilación y de formación de carbohidratos. Tal hecho conduce a una deficiente y prematura formación floral y fructificación, (28).

Cuando el nitrógeno no se halla presente en el suelo -- en cantidad suficiente para el desarrollo vegetal óptimo, -- los granos de los cereales y las semillas de otras plantas -- de cultivo no alcanzan su tamaño normal, sino que quedan --

mustios y de poco peso. El déficit de nitrógeno en los frutales se caracteriza por la caída temprana de las hojas, la muerte de los botones laterales y el desarrollo de frutos de coloración anormal.

Las aplicaciones excesivas de nitrógeno pueden retrasar la maduración y en ocasiones producir un crecimiento vegetativo excesivo. Igualmente se ha observado que un exceso de nitrógeno retrasa la floración y fructificación de muchos vegetales, desarrolla impurezas en la savia de varias plantas azucareras, ocasiona encamamiento de los cereales de grano pequeño, aumenta el contenido de nicotina del tabaco, perjudica el sabor de los melocotoneros, lo mismo que la capacidad de malteado de la cebada y se ha comprobado además que disminuye la capacidad de resistencia de las plantas a la enfermedad, (20).

El excesivo suministro de nitrógeno induce al exuberante desarrollo aéreo, en tanto que el sistema radicular permanece pequeño e ineficaz. Por esta razón, las plantas se muestran susceptibles a los efectos de sequías repentinas.

En el caso de una aplicación excesiva de nitrógeno, la planta recibe un estímulo de su síntesis proteica y formación de nuevos tejidos, empleando la mayor parte de sus carbohidratos en la elaboración de proteínas y aminoácidos. Ello es la causa por la que los carbohidratos de peso molecular elevado, que la planta requiere para la formación de tejidos de consistencia, no son sintetizados en cantidades-

suficientes. A consecuencia de ello, los tejidos presentan una coloración verde oscura y una consistencia esponjosa y blanda, lo cual eleva el peligro del encamado y reduce la resistencia del vegetal a las inclemencias climáticas y enfermedades foliares.

La fertilización nitrogenada, en la mayoría de los suelos, es una medida correcta y necesaria. Su dosificación será adecuada si satisface la demanda de la planta y armoniza simultáneamente con las exigencias de ácido fosfórico y potasa. En este caso se convierte en un medio eficaz para el incremento de los rendimientos, a la vez que en un mejorador de la calidad de los productos cosechados, (28).

Las plantas no absorben mucho nitrógeno durante las primeras semanas de desarrollo y además durante este período algunas formas de nitrógeno pueden perderse por lixiviación. Si no son absorbidas por el vegetal, es conveniente aplicar una clase de nitrógeno que se deposite bajo la planta en una forma o formas asimilables pero resistentes a la lixiviación.

Todos los fertilizantes de nitrógeno proteico orgánico se aplicaron antes de la siembra. Los abonos nitrogenados hidrosolubles propensos a la lixiviación se aplicaron en parte antes de la siembra y el resto a intervalos durante el período de crecimiento. En general, se recomiendan las aplicaciones fraccionadas de los nitratos. Todos los fertilizantes amoniacales son resistentes a la lixiviación y pue

den aplicarse antes de la siembra; lo mismo cabe decir de la urea, (20).

Salisbury y Ross, 1978, citado por Becerril mencionan - que la absorción del nitrógeno por la planta es llevada a cabo por las raíces, aunque también puede darse el caso de absorción vía foliar. Una vez absorbido el nitrógeno, es reducido a la forma  $\text{NH}_2^-$  (amina) y aunque la forma  $\text{NO}_3^-$  es absorbida con mayor rapidez, la forma  $\text{NH}_4^+$  se incorpora más rápidamente al metabolismo, porque no tiene que pasar por el proceso de aminación reductiva.

Becerril cita a Epstein (1972) quien dice que una vez - que sucede el proceso de aminación, las aminas se combinan - con ácidos orgánicos para formar parte de los aminoácidos, - los que a su vez forman las proteínas y estas constituyen al protoplasma, cromosomas, genes y enzimas, (15).

Domínguez, citado por Galicia menciona que el nitrógeno es absorbido por la planta principalmente en dos formas: a) Nítrica. En esta forma las plantas absorben ion nitrato --- ( $\text{NO}_3^-$ ) que forma parte del ácido nítrico y de todas sus sales nitrato sodico, potasico, calcico, etc., b) Amoniacal. Las - plantas absorben el ion amoniaco ( $\text{NH}_4^+$ ) que forman parte de - todas las sales amoniacales y del amoniaco, cuando este se - encuentra disuelto en agua. Las plantas absorben en general - mayor cantidad de nitrógeno en forma nítrica que en forma -- amoniacal, (22).

## Efecto de la fertilización nitrogenada sobre el rendimiento del frijol

Uribe (1960) citado por Alvarado menciona que desde -- épocas muy antiguas, cuando la experiencia agrícola se apoyaba en la tradición, los agricultores utilizaban las leguminosas como medios para aumentar el rendimiento de otras cosechas sembradas después en esos mismos suelos.

La literatura menciona que un cultivo de frijol puede fijar al suelo de 60 o más kg. de nitrógeno por hectárea -- por año disponible para el cultivo subsiguiente, (5).

Cautle cita a Quispel (1974) quien dice que el nivel promedio de fijación de nitrógeno en leguminosas es de --- 55-140 kg por ha/año.

Dawson (1970) es más específico al ser citado por Cautle al referir que se ha estimado que el frijol fija 45 kg, de N/Ha/año por lo que es de las leguminosas comestibles me nos eficiente en esta actividad, (19).

DaEira "et al" (1973) citado por Alcantar, condujeron un experimento sobre fertilización mineral con N y P en frijol, encontrando para el caso del nitrógeno que la produc--ción disminuyó al aumentar el nivel de este elemento, (3).

Chonay cita a Pessania (1972), quien observó que cuando el nitrógeno no es limitante, existe una relación inversa entre la nodulación y el rendimiento de grano de frijol. Este fenómeno se atribuye a un desequilibrio fisiológico en

tre los simbioses, o bien a un fenómeno antagonico entre el nitrógeno aplicado al suelo y el fijado en forma simbiótica.

La fertilización nitrogenada es depresiva para la nodulación, pero incrementa el rendimiento del grano, Chavez -- (1977) citado por Chonay señala que estudió el efecto del nitrógeno y fósforo sobre la nodulación, rendimiento y el contenido de nitrógeno en las plantas de frijol sin inócula e inoculadas con cepas de *Rhizobium phaseoli* comerciales más molibdeno, cobalto y fierro en el área de influencia del Valle de México (Chapingo), encontró que la fertilización nitrogenada y fosfatada incrementó el rendimiento y el contenido de nitrógeno en las plantas, no siendo así con los inoculantes comerciales de *R. phaseoli*, además encontró que el número de nodulos en los tratamientos inoculados y no inoculados fue el mismo, esto lo atribuye a la presencia de las cepas nativas.

Dobereiner (1978), citado por Chonay señala la importancia de aplicaciones de nitrógeno, en el período del llenado de grano que podría ser más efectiva que las aplicaciones al momento de la siembra. Por otro lado cita Chonay a Ruschel (1968) dice que las plantas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) inoculadas con bacterias (*Rhizobium phaseoli*) efectivas, pueden fijar suficiente nitrógeno para satisfacer las necesidades de la planta por lo menos antes de la floración, (21).

Durante el ciclo próximo pasado se estudiaron en la va

riedad Bello Baranda 7 prácticas de labranza y 3 niveles de fertilización nitrogenada, en Félix U. Gómez, colonia de -- Fresnillo Dgo., observándose una superioridad en rendimiento y características agronómicas del tratamiento consistente en "Subsuelar" y barbechar, cuya fertilización consistió en 40 kgs de nitrógeno más 40 de fósforo/ha., (8).

En la zona temporalera de Yucatán, con predominancia de suelos rojos, denominados regionalmente suelos K'ANKAB, con texturas pesadas contenidos satisfactorios de potasio, calcio y magnesio aprovechables, medianamente ricos en sus contenidos de materia orgánica y nitrógeno total, y muy pobres en su contenido de fósforo aprovechable, el frijol de temporal responde a la aplicación de 80 kilos por hectárea de fósforo con el que es posible obtener un aumento de rendimiento medio de 0.5 ton/ha.

En la zona temporalera de Zacatecas, con precipitación pluvial de 300 a 500mm anuales, donde predominan los suelos rojizos y café oscuros con texturas pesadas, deficiencias de materia orgánica y nitrógeno, con regular abastecimiento de fósforo aprovechable y satisfactorios contenidos de potasio asimilable, el cultivo de frijol de temporal es conveniente fertilizarlo con el tratamiento 40-50-0 cuya aplicación propicia un aumento promedio de rendimiento unitario de grano de frijol de 0.3 ton/ha.

En el temporal de Chihuahua, con precipitación pluvial de 400 a 600mm anuales, donde predominan los suelos de tex-

turas pesadas, deficientes en sus contenidos de materia orgánica y nitrógeno, con regular contenido de fósforo aprovechable y bien provisto de potasio asimilable, es ventajoso fertilizar el cultivo de frijol de temporal con el tratamiento 40-60-0 el cual induce un aumento de rendimiento de grano de 0.4 ton/ha.

En la zona temporalera de Durango, con precipitación -- pluvial de 400 a 600mm anuales, con predominancia de suelos-- café rojizos que presentan deficiencias en sus contenidos de materia orgánica y nitrógeno total, con regular contenido de fósforo aprovechable y contenidos satisfactorios de potasio-- disponible, es conveniente fertilizar el cultivo de frijol -- de temporal con el tratamiento 30-60-0, con el que es posi-- ble obtener un aumento promedio de rendimiento de 0.35 ton/ ha., (12).

### La humedad del suelo y su efecto sobre el desarrollo del frijol

Aparentemente la producción de biomasa de un cultivo es una función directa de la cantidad de agua que puede disponer dicho cultivo durante su desarrollo; sin embargo, la cantidad y calidad de los frutos no siempre tiene una relación-- directa con la cantidad de agua consumida.

Los trabajos de Witen (1958) citado por Chang, (1968) -- de Arkley (1963) y de Norero (1974), los cuales son citados-- por Palacios, indican que existe una proporción practicamente lineal entre la cantidad de agua transpirada por un cultivo y la producción de materia seca o de biomasa.

La relación entre la producción de fruto (o grano) y la evapotranspiración no sigue la misma relación casi lineal que en el caso de la producción de materia seca o biomasa.

Funciones obtenidas empíricamente, en base a experimentos de campo y de invernadero, muestran que se requiere un cierto consumo de agua para satisfacer las necesidades de la planta en la etapa vegetativa antes de iniciar la reproductiva y producir fruto.

La respuesta de la mayoría de los cultivos, difiere en cuanto a la forma en que ha evapotranspirado, es decir, si una determinada etapa de su desarrollo ha estado sujeta a tensiones considerables de la humedad en el suelo, la reducción evapotranspirativa afectará el rendimiento, de acuerdo a la sensibilidad de la planta al déficit hídrico en dicha etapa.

En el caso del frijol, el régimen de humedad óptimo es cuando se mantiene un contenido de humedad del orden del 50% de la aprovechable o tensiones menores de dos atmósferas durante todo el período de desarrollo, (35).

En experimentos realizados por Mojarro (1977) citado por Palacios, se observó que cuando se "castiga" el frijol durante el inicio de la floración; es decir, que el cultivo se somete a altos esfuerzos de la humedad del suelo, suele-

abatirse el rendimiento en un 65%, en cambio un "castigo" - similar en una etapa más temprana de su desarrollo solo llega a producir una reducción de un 20%.

En el Distrito de Riego el Fuerte, Sin., a gran parte del frijol cultivado solo se le proporcionan uno o dos riegos en lugar de los tres o cuatro requeridos por el cultivo; además, esta aplicación suele efectuarse fuera de las épocas más apropiadas; como consecuencia se obtienen rendimientos - del orden de 800 kg/ha en lugar de las 2.5 a 3 ton/ha que se tienen cuando se riega en forma adecuada, (34).

Magalhaes, Millar y Choudury citados por López, realizaron un trabajo 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 flora--- ción fue 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 flo- ración, una tensión de agua de 7 bares del potencial de hume - dad 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. (30).

El período crítico de consumo de agua para el cultivo del frijol es desde la floración hasta unas tres semanas antes de la cosecha, (29).

La cantidad promedio absorbida por un cultivo de frijol es de una lámina de 800mm (8000 m<sup>3</sup>/ha), (16).

La frecuencia y el número de riegos están determinados principalmente por la textura del suelo, la precipitación pluvial y la evaporación; si no llueve durante el ciclo del cultivo del frijol entonces de 4-6 riegos son generalmente suficientes para obtener la cosecha, (32).

#### Interacción entre humedad-fertilización y su efecto sobre el rendimiento

El agua es el principal factor limitante en agricultura. Además de su papel fundamental de componente de la materia vegetal (80 a 90%), el agua es indispensable para el mecanismo de utilización de los abonos. Las plantas, en efecto no absorben los elementos nutritivos más que en solución. El agua, vehículo indispensable de los elementos fertilizantes, puede restringir las posibilidades de alimentación de la planta si existe en el suelo en cantidades insuficientes, (25).

El agua con sus sales disueltas constituye la solución del suelo, que rodea el material edáfico disolviendo las sales que contiene y rodeando además al sistema radicular, -- por el cual las plantas absorben los principales nutrientes básicos (excepto el carbono y el oxígeno que extraen de la atmósfera), (36).

Los abonos no disminuyen el consumo de agua, sino que aumentan su eficiencia, incrementando la cantidad de materia seca elaborada por la planta para una evapotranspiración potencial dada. Esto porque se admite normalmente que, en un medio rico, las soluciones del suelo son más concentradas, y que para absorber las mismas cantidades de elementos nutritivos, la planta utiliza menos agua, (25).

La humedad necesaria para la absorción óptima de los fertilizantes depende del método de riego, tipo de cultivo, estructura del suelo, fuente de fertilizante y su método de aplicación en general la disponibilidad de los nutrientes es más elevada para la mayoría de los cultivos cuando el potencial de agua es más alto (cerca de la capacidad de campo).

Las sales disueltas en la solución del suelo aumentan el potencial osmótico de dicha solución y, por lo tanto, se reduce el potencial total del agua del suelo, por lo tanto es probable que los cultivos que crecen en suelos bajo tratamientos excesivos de fertilizantes sufran escasez de humedad excesiva y retarda el crecimiento, respecto de los que-

se desarrollan en suelos con dosis óptimas de fertilización (24).

Briggs y Schantz (1913) citados por Tisdale y Nelson, hicieron las siguientes declaraciones; casi sin excepción, los experimentos aquí citados señalan una reducción de los requerimientos de agua que acompañan el empleo de fertilizante. En suelos muy productivos, ésta reducción se limita a un pequeño porcentaje. En suelos pobres el requerimiento de agua puede reducirse a la mitad o incluso a dos terceras partes debido a la adición de fertilizantes. A menudo, los requerimientos elevados de agua se deben a una deficiencia de un único elemento nutriente vegetal. Cuando el aporte de tal elemento se acerca a su agotamiento, la tasa de desarrollo, medida por la asimilación de anhídrido carbónico se reduce marcadamente, pero no ocurre el cambio correspondiente en la transpiración. El resultado es inevitablemente un requerimiento elevado de agua.

Tisdale y Nelson citan también a Viets (1962), quien dijo; tanto si los fertilizantes no incrementan en absoluto el empleo consuntivo como si lo hacen solo ligeramente, todo indica la evidencia de que la eficiencia del empleo de agua, o bien la materia seca producida por unidad de agua usada, puede incrementar en gran cantidad si el abono incrementa la producción. De este modo, la fertilización mediante la nutrición adecuada de todos los cultivos juega un papel muy importante en el empleo eficaz y en la conservación

de todas las fuentes de agua. Los abonos pueden incrementar también el desarrollo radicular en el suelo, de modo que el agua edáfica se emplee para tensiones más elevadas y a mayor profundidad, (37).

Una elevada fertilidad resulta esencial para aumentar el rendimiento del agua. En 33 experimentos realizados en Nebraska, el maíz bien fertilizado y bajo riego, para producir 7,300 kg/ha., utilizó solo 25mm más de agua que el maíz que produjo 5,000 kg/ha pero con menor dosis de fertilizante.

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

El maíz bien fertilizado no solo utiliza el agua más eficientemente, sino que también absorbe mayor cantidad debido a: a) raíces más profundas, si existen reservas de agua en el subsuelo y b) una capacidad ligeramente mayor de las raíces para extraer agua de los poros pequeños y de las delgadas películas de agua que rodean a las partículas del suelo. Sin embargo, si el subsuelo no ha sido recargado de humedad durante el otoño, invierno y primavera, las raíces especialmente profundas carecen de utilidad. Esto fue demostrado por investigaciones realizadas en Missouri, en las que la alta fertilidad incrementó el rendimiento de maíz en 3,800 kg/ha., durante el primero de dos años de sequía. En

el segundo, ya consumida la humedad del subsuelo, la alta fertilidad tuvo un efecto mucho menor, (4).

La asimilación de nitrógeno está relacionada al contenido de agua del suelo, es decir, que el agua actúa como un factor limitante de importancia. Para grandes dosis de fertilización se deberá de contar con una buena cantidad de agua, (36).

Los resultados de varios experimentos indican que no son necesarios altos niveles de fertilización nitrogenada cuando el suelo carece de humedad suficiente, lo cual limita el crecimiento de las plantas. Por otro lado, cuando los suelos permanecen siempre húmedos y el cultivo nunca carece de agua, el fertilizante adicional aumentará los rendimientos por cada unidad de volumen de agua usada en la evapotranspiración, (24).

Cultivos bien abonados con nitrógeno dan lugar a un consumo de agua mayor, en conjunto, que los mismos cultivos menos nutridos, esto, por el mayor desarrollo del aparato foliáceo y por la mayor cantidad de materia orgánica formada. Sin embargo, los consumos de agua, por unidades de sustancia orgánica asimilada, tiende a reducirse. Esto explica el fuerte sinergismo que casi siempre se aprecia entre riego y fertilización nitrogenada; precisamente solo con una fertilización nitrogenada particularmente abundante es cuando el agua da los máximos incrementos de producción, (17).

Considerando que la capacidad productiva de variedades de maíz con características genéticas para alto rendimiento, frecuentemente está limitado por falta de un equilibrio entre la cantidad disponible de nutrientes y el esfuerzo de humedad del suelo en que se desarrollan las plantas, se hizo este estudio en Saltillo, Coah., cuyos objetivos consistieron en:

- a) Estudiar, bajo condiciones de invierno, la influencia -- del esfuerzo de humedad del suelo y el efecto de dosis -- crecientes de nitrógeno, en el rendimiento de dos variedades de maíz.
- b) Obtener información sobre el grado de absorción de agua y elementos fertilizantes por las plantas en cada condición de humedad y fertilización, a fin de determinar la combinación óptima de los factores bajo estudio por su eficiente uso de agua y nutrientes.
- c) Comparar la respuesta en rendimiento y calidad de grano de maíz a la fertilización nitrogenada y esfuerzo de humedad del suelo.

Con la información obtenida en este trabajo se derivaron las siguientes conclusiones:

Los maíces normales consumieron más agua que los superenanos y conforme aumentaba la cantidad de nitrógeno aplicado, el consumo de agua era mayor para ambos maíces.

La mayor eficiencia en el uso del agua (agua usada pa-

ra materia seca producida) fue para los maíces normales y se presentó cuando había una tensión de humedad del suelo de 0.25 bar y se habían aplicado 120 kg de nitrógeno por hectárea.

La altura de las plantas, el grosor del tallo y los rendimientos de paja se incrementaron al elevarse la cantidad de nitrógeno aplicado, desde 0 hasta 120 kg por hectárea. Las plantas más desarrolladas y el más alto rendimiento de follaje se obtuvo cuando los riegos se aplicaron al lograrse un esfuerzo de humedad del suelo de 0.50 bar para los maíces super-enanos y de 0.25 bar para los maíces normales.

El mayor contenido de proteína en el grano de los maíces super-enanos fue en los tratamientos en que había 120 kg de nitrógeno por hectárea y alto contenido de humedad en el suelo.

Los maíces super-enanos absorbieron mayor cantidad de nitrógeno del suelo que los maíces normales, (23).

En estudios realizados en Nebraska, se llevaron a cabo 121 experimentos de campo con cuatro cultivos. Un tratamiento óptimo por abonado incremento la eficiencia del empleo de agua en cultivos de cereales, con un promedio del 29%. Este incremento era casi proporcional a la respuesta de la producción al fertilizante.

Los resultados del Campo Experimental de Colorado de--

mostraron que 150 libras (67.95 Kg) de nitrógeno/acre en -- maíz irrigado, incrementando drásticamente la producción y la eficiencia del agua.

El nitrógeno adecuado incrementa marcadamente la pro-- ducción del forraje bermuda costera. Al mismo tiempo, la -- cantidad de agua por tonelada de forraje, disminuyó de 18 - pulgadas/tonelada (45.72 cm/ton), sin nitrógeno aplicado a 3 pulgadas/tonelada (7.12 cm/ton) con 1000 libras (453 kg)- nitrógeno/acre.

Aunque la absorción de nitrógeno se reduzca definitiva-- mente en suelos secos, no se reduce tanto como la de pota-- sio y fósforo. El nitrógeno amoniacal no se transporta rápi-- damente, pero el nitrógeno del nitrato es un anion, y lo ha-- ce con el agua edáfica. Con las lluvias intensas, los nitra-- tos se transportan en profundidad y producen un almacena--- miento de nitrógeno para usos ulteriores, previsión que no saldrá fuera de la zona radicular.

En suelos que requieren la adición de nutrientes vege-- tales, las plantas pueden axtraer agua de una profundidad - de solo 3 a 4 pies (0.91 a 2.21m). Con abonado, las raíces-- pueden resultar efectivas entre 5 y 7 pies (1.52 y 2.12m) - más de profundidad. De este modo se incrementa la profundi-- dad efectiva del almacén del que la planta puede arrastrar el agua. Si la planta puede emplear de 4 a 6 pulgadas -- (10 a 15 cm) extra de agua de los niveles más bajos, el cul-- tivo es capaz de resistir sequías por un período más largo--

sin presentar resultados desastrosos.

Bajo condiciones de sequedad, es mejor distribuir fertilizante en la zona edáfica que retenga el agua a lo largo de la mayor parte de la estación. La distribución del abono en profundidad provoca una mayor absorción del nitrógeno en condiciones de humedad. En contraste con esto, la profundidad de la distribución no tuvo efecto alguno sobre la asimilación de fósforo bajo condiciones de humedad. En datos no publicados, la distribución de potasio a doce pulgadas produjo una asimilación algo mayor que a dos pulgadas. En general, una distribución de nutrientes a mayor profundidad, de modo que esté en un suelo húmedo la mayor parte de la estación, dará como resultado una utilización más eficaz. Si un suelo es muy seco, la distribución de profundidad no resultará efectiva.

El agua y el fertilizante forman un buen equipo. Cuando el agua es un factor limitante, la respuesta a la aplicación del abono se queda reducida, pero se incrementa con el agua adecuada. Cuando la fertilidad es el limitante, puede dar una respuesta pequeña al agua, pero aumenta al aplicar abono, (37).

#### El método de riego por surcos

El avance y la infiltración son los fenómenos físicos más importantes durante un riego superficial. El avance del agua en un surco es inversamente proporcional a la veloci-

dad de infiltración del suelo, de tal manera que a mayor velocidad de infiltración en un suelo, el agua avanza más lentamente para un gasto dado. El proceso de avance-infiltra--ción puede ser analizado por una ecuación de balance en la que se involucra el movimiento del agua, tanto superficial--como subsuperficial en el surco, (31).

El riego por surcos es el método más común para apli--car el agua a las cosechas de hileras. El agua se aplica en surcos entre las hileras de plantas, y a medida que corre - hacia abajo de las hileras se absorbe una parte de ella a - todo lo largo del surco y se mueve a través de la tierra.

Se adapta a todas las cosechas de hileras, en los de--clives poco acentuados de toda clase de tierras, con excep--ción de las más ásperas.

El riego de surcos generalmente es costoso durante el--punto de vista del tiempo y de la mano de obra, pero cuando se maneja en forma adecuada es bastante eficiente para la - utilización del agua, (6).

El riego por surcos es un método donde solo una parte--del suelo recibe directamente el agua. El resto se humedece por infiltración lateral, (33).

Este procedimiento, riego por surcos, se adapta 'mejor a zonas donde el declive de los surcos no es superior al 1% pero en áreas en las que la erosión pluvial no ofrece pro--blemas, el declive puede elevarse hasta el 3%. En áreas de-

alta precipitación pluvial, el declive de los surcos quizás necesite reducirse a 0.5%, o menos para disminuir el riesgo de erosión, (10).

La forma usual es en V o en U teniendo una profundidad de 30 a 35 cm quedando de 15 a 30 cm de fondo, de 20 a 90 cm de cresta y un ancho entre ejes de 65 a 155 cm.

La superficie de humedad que toma el suelo es función de la superficie de tierra que está directamente en contacto con la corriente, es decir, del perímetro mojado. Cuanto menos sea este, más tiempo hay que estar regando para que se infiltre todo el agua que es preciso, (27).

El agua que escurre por los surcos tiene que cubrir -- dos propósitos; penetrar en el suelo y difundir lateralmente para regar las áreas comprendidas entre ellos. El tiempo que debe correr, dependerá de la cantidad de agua que se necesite para reponer la zona ocupada por las raíces, de la velocidad de infiltración en el suelo, y de la rapidez con que se desplaza el agua lateralmente. En la mayor parte el caudal de riego inicial debe ser mucho mayor que el que corresponde a la velocidad de infiltración para lograr un --- avance rápido y cuando el agua se acerca al extremo de los surcos debe recortarse el gasto o cortar el agua, para evitar una pérdida excesiva por escurrimiento, (7).

## Antecedentes del riego por surcos alternos

Los ingenieros Rumanos Uncianschi, Renea y Botzan han estudiado recientemente, en Europa, el riego por surcos alternos para dar riegos de  $500 \text{ m}^3/\text{ha}$  a las vegas de la llanura del Danubio, aunque desde 1941 se utilizan en el occidente de Estados Unidos, después de los trabajos de Mech y colaboradores. En este sistema el suelo se aloma como para -- irrigar por grandes surcos. Se aplica el agua alternativa-- mente en una de cada dos filas consecutivas, regando la vez siguiente por las que antes quedaron secas. No es aplicable para humedecer siembras recién hechas, ni plantas jóvenes, -- o provistos de sistemas radiculares sumamente someros. En -- América ha dado muy buenos resultados, 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. En Rumania, se -- gún ensayos, 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.

Los estudios publicados por Grimes, Walhood y Dickens, (1968) sobre el algodón en el Valle de San Joaquin (Califor -- nia) fueron realizados en suelos francoarenosos. Las conclu -- siones a las que llegaron son:

1. La producción de fibra es igual, o mejor, regando por -- surcos alternos.

2. De esta manera se gastó mucho 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 la humedad no sea nunca excesiva, (27).

En el Distrito de Riego No.03 de Tula Hidalgo se realizó un trabajo de frijol durante el ciclo P-V 1978 con el objetivo de conocer con rigor científico la respuesta del cultivo a diferentes variantes del método de riego por surcos. Los niveles ensayados fueron: surco alterno, surco continuo y surco continuo a 0.70m, 0.70m y 1m, respectivamente y en base a pruebas estadísticamente realizadas no se encontró - diferencia significativa entre las diversas variantes del - método de riego, (1)

En el ciclo agrícola 1976-77 en el Distrito de Riego - No. 03, de Tula Hidalgo se efectuaron unas pruebas de observación en maíz, variando el método para aplicar el riego -- (surco alterno y continuo), no encontrando diferencia significativa en ninguno de los dos.

En base a lo anterior se realizó en el ciclo P-V 1977-78 y utilizando el cultivo de maíz, un trabajo, en el que - los niveles ensayados fueron: surco continuo y surco alterno, los resultados, según pruebas estadísticas, el riego -- por surco continuos resultó ser el mejor, (2).

A principios de 1977 se realizó una investigación con

los siguientes objetivos: a) probar cuatro métodos de riego cama melonera, melga, surco sencillo y surco alterno modificado en el cultivo de algodón por trasplante, b) medir el efecto en la planta de cuatro niveles de humedad aprovechable del suelo; 0, 15, 30 y 45% en el rendimiento y calidad de la fibra. Los resultados fueron los siguientes; el método de riego en el que el algodón se desarrolló en forma más eficiente fue el de melga, pero resultó estadísticamente igual al método de cama melonera, en cuanto a rendimiento por unidad de superficie y por unidad de volumen el nivel de humedad en el que se obtuvo mejor respuesta del cultivo fue a 45%. El calendario de riego en el que se logró el más eficiente uso del agua de riego fue el de surco alterno, siendo muy similar el de surco sencillo. La calidad de la fibra fue estadísticamente igual para los cuatro métodos de riego y niveles de humedad. Se logró un ahorro de agua mínimo de 38% en comparación a la siembra directa, (14).

En el Distrito de Riego No. 05, Delicias, Chih., en el verano de 1980 se desarrolló el presente trabajo, en donde los factores en estudio fueron: método de riego por surco (alterno, continuo y cama melonera) y humedad aprovechable (HA) en la capa de 0-30 (0, 40 y 80%) en el cultivo de cacahuate. Las variables respuestas consideradas fueron: rendimiento en ton/ha y  $\text{ton/m.m}^3$  y calidad, evaluada en longitud de vaina. En la primera de las tres variables no se encon--

tró diferencia significativa entre los tratamientos para -- las dos variables restantes se observó respecto a H.A. que en todos los casos se presenta un máximo valor al regar al 40%. En ton/m.m.<sup>3</sup> se observa que el surco alterno es donde el cultivo tiene mejor respuesta, mientras que para surco continuo y cama melonera, con más bajos rendimientos existe una diferencia poco significativa. Para la variable calidad se observó una diferencia poco significativa entre métodos de riego. El programa y método de riego que más favoreció al cultivo fue el siguiente, aplicado en surco alterno:

R	1	2	3	4	5	6
IR	0	28	32	12	12	16
LR	20	7	7	7	7	7

donde:

R= Número de riegos

IR= Intervalo de riego (días)

LR= Lámina de riego (cm)

En el Distrito de Riego No.66 Sto. Domingo, Baja California Sur, se efectuó un trabajo con el cultivo de cártamo con el objetivo de encontrar un programa y método de riego que lograra abatir las necesidades hídricas del cultivo sin afectar los rendimientos. Los niveles ensayados fueron: 0, 15, 30 y 45% de la humedad aprovechable, en el suelo, en la capa de 0-30 cm y como variante del método de riego: surco

continuo y surco alterno respectivamente. El método de riego que mejor resultados arrojó fue el de surco alterno, y de acuerdo con este método, el efecto de la humedad aprovechable sobre el rendimiento de grano en ton/ha, tuvo tendencia parabólica, encontrándose un óptimo de producción al 20% de la humedad aprovechable, con una lámina neta de 44 cm y con el siguiente calendario de riego:

NR	1	2	3	4	5
IR	0	79	16	16	14
LR	16	7	7	7	7

donde:

NR= Número de riego

IR= Intervalo de riego (días)

LR= Lámina de riego (cm) (11)

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

Los resultados obtenidos indican que el tratamiento de

surcos alternos de 20 y 60 pulgadas tuvo un rendimiento más bajo que el de surcos espaciados a 40 pulgadas, pero cuando se comparó con el espaciamiento alternante de 40 y 80 pulgadas, regando dos surcos y alternando 1, ocurrió una diferencia altamente significativa y se obtuvo un aumento del 27% en el rendimiento, en comparación con el tratamiento de riego tradicional a 40 pulgadas entre surcos. El contenido de agua del suelo se 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 que el contenido de humedad a esa profundidad -- fue similar para ambos tratamientos, 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.

1. Rendimiento. No se mostraron diferencias significativas sembrando a intervalos alternos de 20 y 60 pulgadas entre los surcos y sembrando a un intervalo uniforme de 40 pulgadas con riego uniforme. El rendimiento del algodón sembrado en surcos alternos de 40 y 80 pulgadas regados 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, (18).

Longenecker y colaboradores, citados por Zavala, (1984) reportan resultados de tres años de estudio de una nueva forma de irrigar algodón con espaciamientos variables de surcos VRS. Este nuevo modelo de espaciamiento de surcos consiste en alternar hileras a 1.37m y 0.66m, 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 presentado simultáneamente oportunidad para bajar los costos de producción a través del uso de menor agua para riego, bajando la evaporación, mejora la eficiencia de aplicación del agua, control más eficiente de malezas y adelanta la madurez de la cosecha, el mayor obstáculo para la adopción de este nuevo sistema por los agricultores, puede ser la inhabilidad para la

recolección comercial por los modelos entre hileras variables.

Este patrón para espaciar hileras llamado VRS fue iniciado en la estación de investigaciones del Paso Texas en 1964. El arreglo utilizado fue en bloques al azar con 8 tratamientos y 4 repeticiones; los espaciamientos fueron de 1.02m, convencional y alternar 1.37m 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 30.5cm 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 post-emergencia para controlar las malezas en la mayor parte de las pruebas en el VRS se requiere poca o ninguna labor de cultivo, porque el agua es confinada a los surcos angostos y en la parte superior hay poca humedad y al final del verano hay poca luz que impide el crecimiento de malezas, las camas anchas (1.37m) quedaron secas y se usaron para el movimiento del tractor, el control de plagas y ocasionalmente para el rebordeo de surcos.

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

Parece ser que con el arreglo VRS en todas las variedades se redujo la producción normal de semillas, lo que puede implicar un cierto ahorro adicional (en el despepitado). Observaciones de campo en pruebas de infestación indican -- que los porcentajes más bajos de aplicación de agua con el sistema VRS puede también ayudar al control de *Verticillium*. Se ha visto que el daño en el algodón Acala disminuye cuando se bajan los frecuentes riegos de 7 a 5, (38).

Musick y Dusek, citados por López (1984), suponen en base a estudios realizados, que el riego por surcos alternos puede aumentar la eficiencia del uso del agua de riego para la producción de maíz y sorgo de grano, reduciendo las cantidades de aplicación de agua en surcos nivelados.

Las pruebas de campo, de riego por surcos alternos se realizaron en 1976-77 en maíz, y en 1979 en sorgo de grano en un suelo con permeabilidad diferencial del perfil asociada con una labranza profunda anterior.

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

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

Aquí se reportaron 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

za profunda realizada con arado; 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 aumentar 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 términos de los paleustoles, 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 40mm. El consumo de agua normal durante el riego estacional, promedio 100mm. El agua del suelo disponible a la planta en la zona efectiva de raíces a 1.2m, está entre  $-1/3$  y  $-15$  bars y es de 160mm.

La acción de la aradura profunda fue para romper y parcialmente mezclar los horizontes de arcilla poco permeable a 0.4 y 0.6m. El arado de 0.6m de profundidad penetró comple

tamente este horizonte y el de 0.8m 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 (I-1) y cuatro (I-2) riegos estacionales. Las parcelas fueron de 18 surcos de 0.75m de ancho y 205m de largo en 1976-77 y de 305m 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 KL-75 maíz en 1976, Pionner 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 gravimétrico a profundidades de 0.3m y 1.8m al inicio y al final -

del ciclo respectivamente.

Para las parcelas de labranza normal y labranza residual profunda (0.8m) indican excelente habilidad para agotar el agua del suelo a una distancia lateral de 0.75m 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 1.13m., 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 surcos 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 re-

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

La eficiencia del uso del agua calculada para el sorgo se basó en un rendimiento de 3,200 kg/ha de un área cercana que tuvo un perfil húmedo del suelo en la siembra y a la que no se le aplicaron riegos de auxilio. El riego por surcos alternos aumentó la eficiencia del uso del agua en el tratamiento más húmedo I-2 desde 1.43 para el riego convencional hasta  $1.76 \text{ kg/m}^3$ , y en el tratamiento más seco I-1 desde 2.55 a  $2.90 \text{ kg/m}^3$ , (30).

## MATERIALES Y METODOS

A continuación se mencionan los materiales utilizados en el presente trabajo de investigación:

Tractor	Palas
Arado de discos	Azadones
Rastra de discos	Pozera
Surcadora	Barrena Veihmeyer
Sembradora mecánica	Frascos de vidrio
Bordeadora	Estufa
Cinta métrica	Balanza

Características de la región donde se desarrollo la investigación

### Localización geográfica

El presente trabajo se realizó en la Estación Agronecuaria Experimental de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León, México durante el ciclo agrícola Primavera-Verano 1984. 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 367.3m.

### Características del clima

Según el sistema Koppen, modificado por García, el cli

ma de la región comprendida por Marín, N.L., es representado por los siguientes signos:

BS<sub>1</sub> (h') hx" (e')

donde:

BS<sub>1</sub> = Clima seco o árido con régimen de lluvias en verano, 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 lluvias 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 castañozem cálcico 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 con 15 tratamientos y 3 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 la variable respuesta tomando una parcela útil.

Los tratamientos fueron el resultado de la combinación de los niveles de los factores probados.

Primer factor método de riego por surcos (3 niveles):

Nivel 1. Riego uniforme a todos los surcos en todo el ciclo del cultivo ( $R_1$ )

Nivel 2. Riego por surcos alternos en todo el ciclo del cultivo ( $R_2$ ).

Nivel 3. Riego alterno; riego non-surco non; riego par surco par (R<sub>3</sub>).

Segundo factor fertilización nitrogenada (5 niveles):

Nivel 1.	00-60-00	-	(F <sub>1</sub> )
Nivel 2.	20-60-00	-	(F <sub>2</sub> )
Nivel 3.	40-60-00	-	(F <sub>3</sub> )
Nivel 4.	60-60-00	-	(F <sub>4</sub> )
Nivel 5.	80-60-00	-	(F <sub>5</sub> )

Las combinaciones de los niveles dieron los siguientes tratamientos:

T <sub>1</sub> = R <sub>1</sub> F <sub>1</sub>	T <sub>6</sub> = R <sub>2</sub> F <sub>1</sub>	T <sub>11</sub> = R <sub>3</sub> F <sub>1</sub>
T <sub>2</sub> = R <sub>1</sub> F <sub>2</sub>	T <sub>7</sub> = R <sub>2</sub> F <sub>2</sub>	T <sub>12</sub> = R <sub>3</sub> F <sub>2</sub>
T <sub>3</sub> = R <sub>1</sub> F <sub>3</sub>	T <sub>8</sub> = R <sub>2</sub> F <sub>3</sub>	T <sub>13</sub> = R <sub>3</sub> F <sub>3</sub>
T <sub>4</sub> = R <sub>1</sub> F <sub>4</sub>	T <sub>9</sub> = R <sub>2</sub> F <sub>4</sub>	T <sub>14</sub> = R <sub>3</sub> F <sub>4</sub>
T <sub>5</sub> = R <sub>1</sub> F <sub>5</sub>	T <sub>10</sub> = R <sub>2</sub> F <sub>5</sub>	T <sub>15</sub> = R <sub>3</sub> F <sub>5</sub>

La figura 1 representa la distribución de los tratamientos en el campo.

El área de la unidad experimental fue de 45m<sup>2</sup> (6 surcos de 10m de largo, espaciados a 0.75m).

La variable que se tomó en cuenta fue:

Rendimiento de semilla en kg/ha., para lo cual se cose

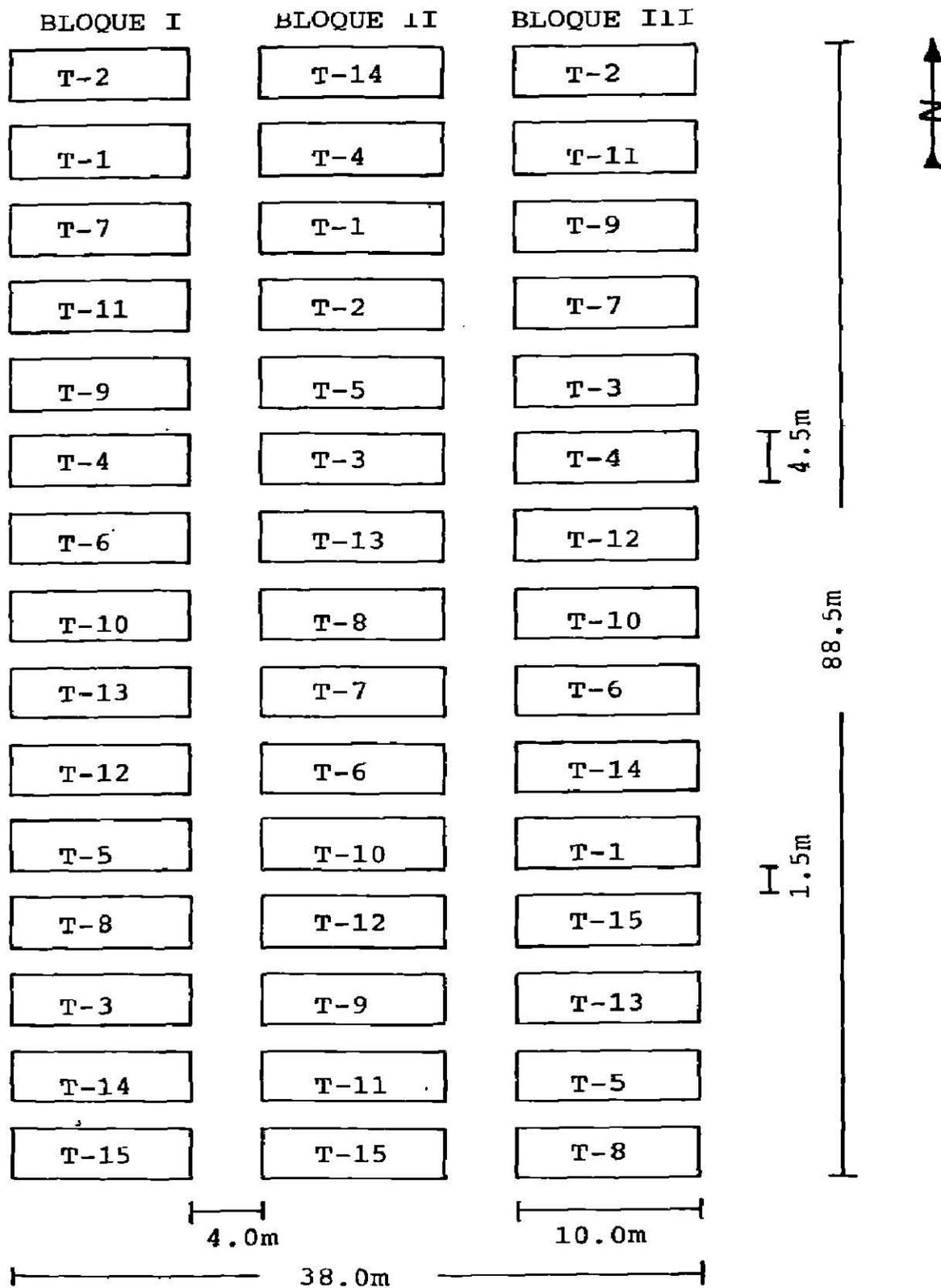


FIGURA 1. Croquis del experimento. Distribución de los tratamientos en el campo. "Evaluación del método de riego por surcos alternos con 5 dosis de fertilización nitrogenada en el cultivo de frijol". Marín, N.L. ciclo primavera-verano 1984.

chó la parte central de cada unidad experimental (2 surcos- de 6 m de largo espaciados a 0,75m), con un área de 9m<sup>2</sup>.

Desarrollo del experimento:

### Preparación del suelo

La labranza primaria se realizó con un arado de discos a una profundidad aproximada de 30cm., la labranza secundaria se realizó utilizando una rastra de discos a una profundidad de 10 cm. Estos trabajos se realizaron en la primer quincena de febrero, posteriormente (5 de marzo) se surcó el terreno con una cultivadora de doble reja, dejando una distancia entre lomos de 75 cm., con el fin de preparar el terreno para dar un riego de presiembra, el cual se llevó a cabo el 7 de marzo, con agua rodada y por medio de boqui---llas. Enseguida (14 de marzo) se dió un paso de rastra ligero con la finalidad de homogenizar la humedad, utilizando una rastra de discos.

### Siembra

Se realizó el día 15 de marzo de 1984, con una sembradora mecánica de tres botes a una distancia entre surcos de 75 cm., a una profundidad de 7 cm., aproximadamente; tirando la sembradora 25 semillas por metro lineal. La variedad de semilla sembrada fue Delicias 71 selección IV (Benavi---des).

## Ubicación de los bloques y regaderas

Los bloques se delimitaron después de haber sembrado y se ubicaron en sentido perpendicular a la pendiente del terreno de modo que el agua se distribuyera lo más uniformemente posible en los bloques, para realizar esta labor, 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 del suelo y agua

Para determinar las características físico-químicas -- del suelo se utilizó una muestra compuesta, la cual se analizó en el laboratorio de suelos de la Facultad de Agronomía de la UANL. Para obtener estas muestras se utilizó una pala pozera, bolsas de polietileno y etiquetas, se muestreó en los estratos 0-30, 30-60 y 60-90 cm.

Para determinar la textura se utilizó el método del Hidrómetro de Bouyoucus y el triángulo de texturas.

Para la determinación de la capacidad de campo y el -- punto de marchitez permanente se utilizaron las siguientes ecuaciones:

$$CC = 0.2102 (A) + 0.3055 (L) + 0.2625 (AR) \quad (1)$$

$$r^2 = 0.9677$$

$$PMP = 0.2635 (A) + 0.3135 (L) \quad (2)$$

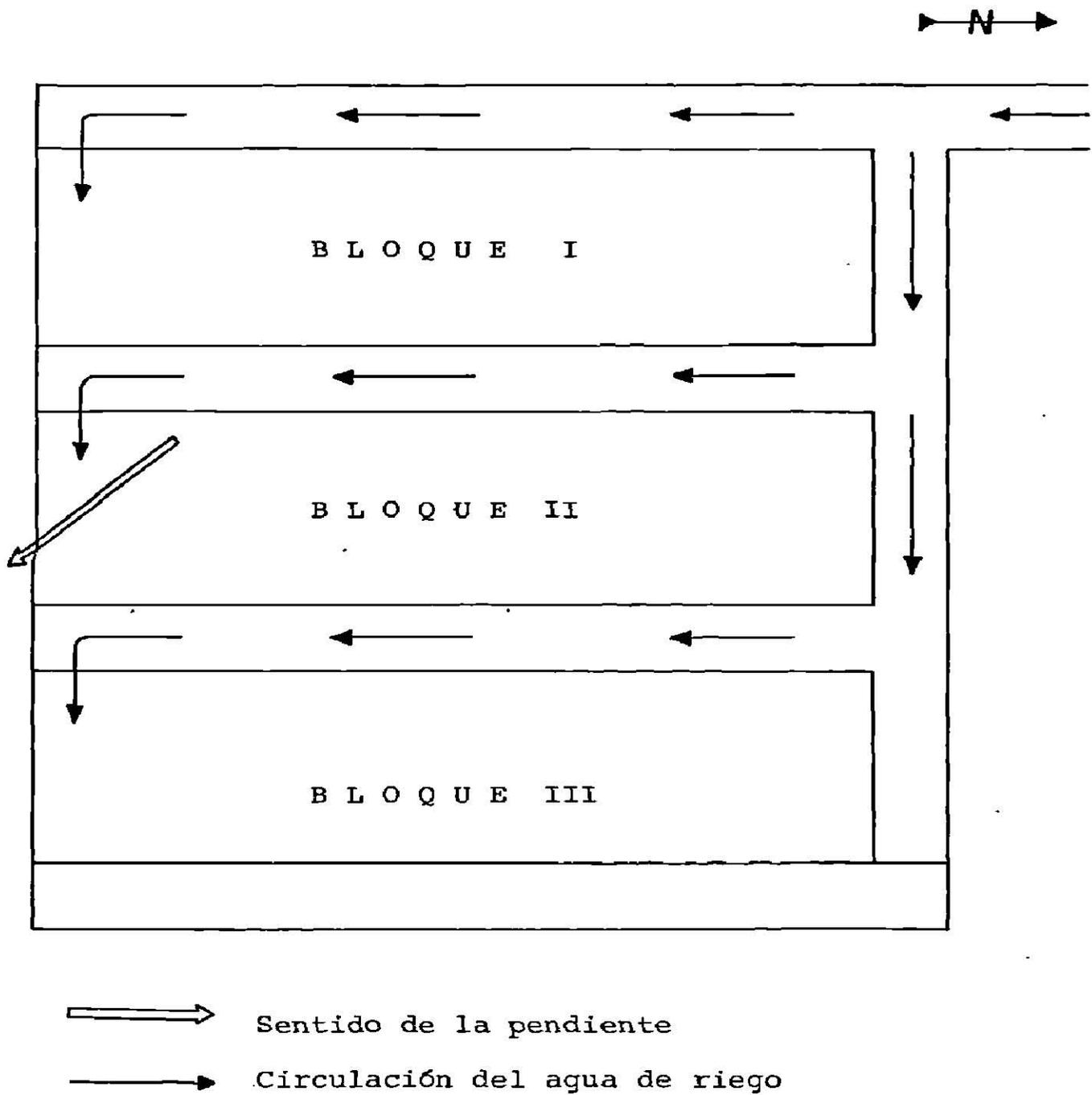


FIGURA 2. Ubicación de los bloques en el sitio experimental. "Evaluación del método de riego por surcos alternos con 5 dosis de fertilización nitrogenada en el cultivo de frijol". Marín, N.L. ciclo primavera-verano 1984.

$$r^2 = 0.902$$

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. a través de una regresión lineal múltiple a partir de 204 - muestras del suelo de textura arcillosa en el estado de Nuevo León, utilizando 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, (26).

La densidad aparente se determinó por el método de los cilindros de volumen conocido, se determinó un valor promedio de tres sitios de muestreo en el lote experimental, se obtuvieron valores para tres profundidades distintas 0-30,- 30-60 y 60-90, utilizando para ello la barrena de Uhland, - los valores se observan en la Tabla 1.

Los valores de CC, PMP y Da se utilizaron para obtener la lámina de agua disponible en el suelo, mediante la fórmula siguiente:

$$Lad = \frac{CC - PMP}{100} \times Da \times Pr \quad (3)$$

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 permanen--  
te en %

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

Pr= Capa de control

Estos valores CC y PMP también se emplearon para determinar el porcentaje de abatimiento, en este trabajo se consideró permitir el 50% de abatimiento de la humedad disponi--ble, esto, en base a trabajos de Palacios V.E. (1974) que menciona que el régimen óptimo de humedad en el caso de frijol es cuando se mantiene un contenido de humedad del orden de 50% de la aprovechable o tensiones menores de dos atmósferas durante todo el período de desarrollo.

Tabla 1. Densidad aparente del área de estudio por estratos de 30 cm. "Evaluación del método de riego por surcos alternos con 5 dosis de fertilización nitrogenada en el cultivo de frijol". Ciclo Primavera-Verano 1984, Marín, N.L.

Estrato	Prof. (cm.)	Da ( $\text{gr}/\text{cm}^3$ )
1	0-30	1.27
2	30-60	1.42
3	60-90	1.50

En la tabla 1A del apéndice se señalan las características físico-química del suelo del lote experimental.

El análisis del agua de riego se realizó en el laboratorio de suelos de la Facultad de Agronomía de la UANL. Las muestras se tomarán al entrar el agua al lote donde se localizaba el experimento. Los resultados de estos análisis se presentan en la Tabla 2A del apéndice, la fuente de abastecimiento para el riego fue la que se denomina "presa grande", ubicada en la Estación experimental de la FAUANL en Marín, N.L.

#### Características de los elementos climáticos

Las características de los elementos climáticos más principales se presentaron mediante un climograma en la figura 1A del apéndice, los datos climatológicos para elaborar dicho climograma se obtuvieron en la estación climatológica de la FAUANL en Marín, N.L.

#### Densidad de población

El día 30 de marzo de 1984 se observaron algunas fallas en la emergencia de las plántulas; por lo cual se decidió dar un riego ligero para uniformizar dicha emergencia.

El 17 de abril del mismo año se realizó un aclareo y se dejó una distancia entre plantas de 23 cm., y como ya se había mencionado la distancia entre surcos fue de 75 cm., -

dando una densidad de población de 57,826 plantas/ha.

#### Labores de cultivo

El 17 de abril de 1984 se realizó un deshierbe manual y posteriormente el día 3 de mayo se efectuó una escarda -- con el uso de una escarda mecánica con la finalidad de aflojar la tierra, para facilitar la aplicación del fertilizante de los tratamientos, y además eliminar las hierbas establecidas entre las calles; el día 5 de mayo se continuó el deshierbe, eliminando las hierbas que existían entre las -- plantas, esto con la ayuda de azadón.

#### Aplicación de los tratamientos de fertilización

El 5 de mayo de 1984 se aplicaron los tratamientos de fertilización utilizando como fuente de nitrógeno el sulfato de amonio y de fósforo el super fosfato triple. La fertilización se realizó en esta fecha porque se tuvieron problemas al momento de la siembra y no fue posible aplicar la mitad del nitrógeno y todo el fósforo, como se recomienda. La fertilización se realizó a chorrillo, previa determinación de la dosis para cada tratamiento, con la ayuda de una balanza utilizando para ello rayadores manuales, posteriormente se efectuó un aporque para tapar el fertilizante y a la vez voltear el surco.

## Plagas y enfermedades

Durante el desarrollo del ciclo del cultivo no se presentaron ni plagas, ni enfermedades de importancia significativa.

## Muestreo de humedad del suelo

Los muestreos se realizaron utilizando una barrena --- Veihmeyer para obtener las muestras, frascos de vidrio, tarados para depositarlas, balanza para obtener el peso y estufa para secarlas hasta peso constante, el contenido de humedad se determinó por el método gravimétrico.

Se muestreó a los niveles de 0-30, 30-60 y 60-90 en -- los tratamientos T3, T8 y T13 que corresponden a las combinaciones de los tres niveles de riego con el nivel 40-60-00 de fertilización en las tres repeticiones, de donde se obtuvieron valores promedios del contenido de humedad, se muestreó antes y después de cada riego.

## Riegos

Se aplicó un riego de presembrado el 7 de marzo de 1984 posteriormente, el 30 de marzo se dió un riego ligero para uniformizar la emergencia de las plántulas. Se aplicaron -- además dos riegos de auxilio, el primero el 12 de abril y - el segundo el 10 de mayo del mismo año.

Para efectuar los riegos se emplearon azadones, palas-

y lonas, se preparaba el terreno un día antes del riego, poniendo las contras y uniendo cabezales de los surcos con las regaderas correspondientes.

Para la aplicación de los tratamientos de riego se procedió de la siguiente manera:

El riego ligero que se dió para uniformizar la emergencia se aplicó de la misma forma a todos los tratamientos.

El primer riego de auxilio se dió antes de voltear el surco y para los tratamientos con el nivel 1 de riego se regaron todos los surcos de la parcela como se hace normalmente. Para los tratamientos con los niveles 2 y 3 se regaron los surcos 1, 2 y 3 de norte a sur.

El segundo riego de auxilio se aplicó después que se realizó el aporque (volteo del surco). En los tratamientos con el nivel 1 se regaron todos los surcos de la parcela. En los tratamientos con el nivel 2 se siguieron regando los surcos 1, 2 y 3; para los tratamientos con el nivel 3 se aplicó el riego en los surcos 2, 4 y 6.

Con la aplicación del segundo riego de auxilio se dió por cumplido con los tratamientos ya que para esta fecha ya había principiado la etapa de floración y no fue posible aplicar otro riego posterior debido a la presencia de un período de lluvias.

## Registro de la variable respuesta

La cosecha se realizó el 2 de julio, las plantas presentaban una coloración café-amarillento y muchas de las hojas inferiores se habían caído, se cosechó solo la parcela útil de la unidad experimental y plantas solo en competencia perfecta. Para realizar la cosecha solo se utilizó cinta métrica, estacas, hilos, bolsas y marcadores, cada bolsa se identificó por repetición y tratamiento, posteriormente se realizó la trilla en forma manual, apaleando las plantas, utilizando también para ello una criba. La semilla se colocó en bolsas para en seguida proceder a pesar en una balanza analítica. Para determinar el porcentaje de humedad de la semilla se utilizó el método gravimétrico y se encontró que el grano presentó un 10.38% de humedad. En la Tabla 2 se presenta el rendimiento de semilla en kg/ha para cada uno de los tratamientos.

## RESULTADOS Y DISCUSION

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

En la Tabla 2 se observan los resultados del rendimiento así como también sus promedios en kg/ha para cada uno de los tratamientos. En esta misma tabla se puede ver que el T-3 fue el que registró el rendimiento más alto con 1139.481 kg/ha; dicho tratamiento consistió en riego uniforme a todos los surcos en todo el ciclo del cultivo con una fertilización de 40-60-00, mientras que el rendimiento mas bajo -- 600.88 kg/ha lo registró el T-2 que consistió en el mismo sistema de riego y una fertilización de 20-60-00.

Para analizar estadísticamente los resultados obtenidos se hizo un análisis de varianza Tabla 3, en el que encontramos que no existe diferencia estadísticamente significativa tanto para tratamientos como para bloques. El coeficiente de variación fue de 32%.

Es probable que esta falta de diferencia estadística-- mente entre tratamientos de debe a la presencia de lluvias-- que se registraron durante la mayor parte de tiempo que duró la etapa de floración y llenado de grano, (Fig. 1A).

Se realizó un análisis de los sistemas de riego por -- surcos alternos durante todo el ciclo y el que obtuvo el -- rendimiento mas alto fue el T-6 con 1122.444 kg/ha el cual-- consiste en el antes mencionado sistema de riego y la dosis

TABLA 2. Rendimiento de semilla y rendimiento promedio en kg/ha para cada uno de los tratamientos. "Evaluación del método de riego por surcos alternos con 5 dosis de fertilización nitrogenada en el cultivo de frijol". Marín, N.L. ciclo primavera-verano -- 1984.

T	R E P E T I C I O N E S			PROMEDIO
	I	II	III	
1	1134.444	1037.888	758.555	976.962
2	564.666	788.000	450.000	600.889
3	1447.555	855.444	1115.444	1139.481
4	1038.111	1025.888	723.888	929.296
5	1529.777	1160.777	545.111	1078.555
6	1513.888	991.000	862.444	1122.444
7	1292.111	978.000	181.888	817.333
8	1361.666	1102.000	536.000	999.889
9	1010.333	936.000	405.111	783.815
10	812.888	1112.000	861.111	928.666
11	901.111	1186.666	966.333	1018.037
12	914.111	917.666	1349.222	1060.333
13	532.666	931.888	1172.444	878.999
14	1053.444	539.555	797.888	796.962
15	726.111	706.888	1150.555	861.185

TABLA 3. Análisis de varianza del rendimiento de semilla en kg/ha "Evaluación del método de riego por surcos alternos con 5 dosis de fertilización nitrogenada en el cultivo de frijol". Marín, N.L. primavera-verano 1984.

F.V.	G.L.	S.DE C.	C.M.	F. CALC.	F. TAB	
					0.05	0.01
Media	1	39159944.1				
Tratamiento	14	906319.229	64737.08779	0.726N.S.	2.06	2.80
Bloques	2	529561.389	264780.6945	2.970N.S.	3.34	5.45
Error	28	2495944.118	89140.86136			
Total	44	43091768.84				

C.V. = 32%

N.S. = No significativo

00-60-00, mientras que el tratamiento que tuvo el rendimiento mas bajo fue el T-9, con 783.815 kg/ha el cual consistió en el mismo sistema de riego y la dosis 60-60-00.

Para el sistema de riego, riego non - surco non y riego par - surco par, el tratamiento que presentó el rendimiento mas alto fue el T-12 con 1063.333 kg/ha que consistió en el sistema de riego mencionado y la dosis 20-60-00, mientras que el T-14 registró el rendimiento mas bajo 796.962 kg/ha- y consistió en el mismo sistema de riego y la dosis 60-60--00.

Al analizar los sistemas de riego por separado, como - se hizo anteriormente, podemos observar que no existió efecu

to de la fertilización, ya que no hubo una tendencia uniforme en el rendimiento dentro de cada uno de los sistemas de riego. En la Tabla 2 se puede apreciar lo anterior, los primeros cinco tratamientos pertenecen al sistema de riego 1, los cinco siguientes al sistema 2 y los últimos cinco al sistema 3. El que no se haya encontrado efecto a la fertilización, fue posiblemente a que los tratamientos de este se aplicaron en su totalidad casi al inicio de la floración.

Se hizo una comparación entre los sistemas de riego y se encontró que existe una tendencia uniforme en cuanto al rendimiento, con 945.036, 930.429 y 923.103 kg/ha para el 1er, 2do y 3er sistema de riego respectivamente. Esto resulta de obtener el promedio de los tratamientos de cada sistema de riego. Es probable que esta uniformidad se deba a la presencia de precipitaciones durante las etapas de floración y llenado de grano (Fig. 1A).

## CONCLUSIONES

En base a la discusión de los resultados se puede llegar a las siguientes conclusiones:

1. Que no existió diferencia estadísticamente significativa entre ninguno de los tratamientos.
2. La diferencia existente entre el T-3 que obtuvo el rendimiento mas alto y el T-2 que registró el mas bajo es bastante aceptable economicamente (538.592 kg/ha) aun cuando dicha diferencia no es estadísticamente significativa.
3. Se considera en general que el rendimiento en grano fue bueno, para el ciclo primavera-verano, debido posiblemente a la presencia de precipitaciones durante la etapa de floración.
4. No existió efecto de la fertilización ya que no se observa una tendencia uniforme en cuanto al rendimiento promedio de cada uno de los sistemas de riego.
5. Existe una tendencia uniforme, en cuanto al rendimiento-promedio de los sistemas de riego, que va del nivel 1 al 3.
6. Que aún cuando no se determinó cuantitativamente si se aprecia en forma práctica un ahorro del agua de riego al utilizar los sistemas por surcos alternos, sin que exista diferencia estadística en los rendimientos registrados por este sistema y el tradicional.

## RECOMENDACIONES

1. Realizar estudios que relacionen el método de riego por surcos alternos y fertilización, en suelos de diferente textura, para analizar la eficiencia del agua de riego, debido a la fertilización.
2. Al efectuar este tipo de trabajos, tomar además como variable respuesta el tiempo de riego y volumen de agua aplicada para conocer las ventajas que tiene cada método de riego en cuanto al ahorro de agua.
3. Al llevar a cabo experimentos donde se pruebe el método de riego por surcos alternos, incluir alguna técnica que ayude a determinar el grado de erosión.
4. Efectuar trabajos donde se relacionen el sistema de riego por surcos alternos y prácticas de labranza como alternativa para aumentar el ahorro 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 el presente trabajo durante el ciclo agrícola primavera-verano de 1984, con el objetivo de desarrollar una metodología de riego que permita obtener una mejor utilización, un máximo ahorro y en general una mayor eficiencia en la aplicación del agua de riego y a la vez contribuya a hacer más eficiente la fertilización, la conservación del suelo agrícola y los recursos humanos en el cultivo de frijol.

Se utilizó el diseño bloques al azar con 15 tratamientos y 3 repeticiones. Los tratamientos resultaron ser la combinación de los niveles de los factores probados, los cuales fueron 3 métodos de riego, riego uniforme a todos los surcos, riego por surcos alternos y riego non-surco non, riego par-surco par en todo el ciclo del cultivo y 5 dosis de nitrógeno, 0, 20, 40, 60 y 80 kg/ha sin variar la dosis de fósforo que fue de 60 kg/ha.

Se concluyó para la variable rendimiento de semilla en kg/ha que no existió diferencia estadísticamente significativa para ninguno de los tratamientos, aunque a simple vista el T-3, riego uniforme a todos los surcos en todo el ciclo del cultivo, combinado con una dosis de fertilización de 40-60-00, fue el que resultó con el tratamiento más ele

vado con 1139.481 kg/ha, mientras que el T-2 con el mismo sistema de riego y la dosis 20-60-00 fue el que reportó el rendimiento promedio más bajo con 600.889 kg/ha.

## BIBLIOGRAFIA

1. Aguilera, E.J., 1981. Método de riego en el cultivo de - frijol, resultados de investigaciones en métodos de riego 1976-78. SARH - CENAMAR 1. Gómez Palacio, Dgo.
2. Aguilera, E.J., 1981. Método de riego en el cultivo de - maíz. Resultados de investigaciones en métodos de riego- 1976-78. SARH - CENAMAR 1. Gómez Palacio, Dgo.
3. Alcantar G., E.G., 1978. Estudio del efecto de diferen-- tes dosis de nitrógeno en dos fuentes sobre los procesos de nodulación, fijación de N<sub>2</sub> y el rendimiento en frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). Colecio de Postgraduados, Cha-- pingo, Méx. Tesis no publicada.
4. Aldrich, S.R. y E.R. Leng 1974. Producción moderna del - maíz. 2a. edición. Ed. Hemisferio Sur. Buenos Aires, Ar- gentina.
5. Alvarado A.D. 1972. Informe de investigaciones agrícolas ciclo 1972. Campo Agrícola Experimental Zacatecas. SAG-- INIA - CIANE.
6. Anónimo, 1965. Agua, su aprovechamiento en la agricultu- ra. Departamento de Agricultura de USA. Ed. Herrero, S.A. México, D.F.
7. Anónimo, 1978. El buen uso del agua de riego, segunda --

parte. SARH. Distrito de Riego No. R-28-41. Boletín técnico No.8. Cd. Obregón, Son.

8. Anónimo, 1976. Informe, avances y necesidades de la investigación agrícola en zona de riego y temporal. SAG - INIA - CIANE No.3. Torreón, Coah.
9. Anónimo, 1982. Logros y aportaciones de la investigación agrícola en el cultivo del frijol en México. SARH-INIA.
10. Anónimo, 1983. Planeamiento para el sistema de riego para granjas. Manual de Ingeniería de suelos Sección 15, - riego. Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de América. 7a. impresión. Ed. Diana, México.
11. Anónimo, 1981. Programa y método de riego en el cultivo de cártamo. Resultados de investigaciones en métodos de riego 1978-79. SARH - CENAMAR 2. Gómez Palacio, Dgo.
12. Anónimo, 1976. XV años de investigación agrícola. Presente y futuro de la producción de frijol en las zonas áridas y semi-áridas de México. INIA - SAC. 1961-1976. México, D.F.
13. Arellano, F.J. 1982. Comparación de métodos de riego -- por surcos y tres niveles de humedad en el cultivo de cacahuate. Resultados de investigaciones en métodos de riego 1979-80. SARH - CENAMAR. Gómez Palacio, Dgo.

14. Astorga C.M. 1981. Estudio de métodos de riego y niveles de humedad en algodónero por trasplante. Resultados de investigaciones en métodos de riego. 1976-78. SARH - CENAMAR 1. Gómez Palacio, Dgo.
15. Becerril R., A.E. 1980. Efecto de la fertilización nitrogenada en diferentes fases fenológicas de la fresa (*Fragaria ananassa*, Duch.). Colegio de Postgraduados. - Chapingo, Méx. Tesis no publicada.
16. Berlijn, J.D. y C. Brouwer, 1983. Riego y drenaje, manuales para la educación agropecuaria, área suelos y agua. SEP. Ed. Trillas. México, D.F.
17. Bonciarelli, F., 1979. Agronomía. Editorial Academia, - León España.
18. Bruce R.R. 1965. Cotton row spacing as it affects soil-water utilization and yield. Agron. J. 57 (4).
19. Cautle F., M.E. 1979. Efecto de la fertilización de suelo e inoculación con *Rhizobium* sobre la nodulación, contenido de nitrógeno y rendimiento de frijol (*Phaseolus vulgaris*, L.) en Chapingo, Méx., Colegio de Postgraduados. Chapingo, Méx., tesis no publicada.
20. Collings, G.H. 1959. Fertilizantes comerciales, sus fuentes y usos. 1a. edición en español de la 5a. edición americana, Salvat Editores, S.A. Barcelona, España.

21. Chonay P., J.J. 1981, Efecto de la fertilización foliar sobre la compensación de la fijación biológica de nitrógeno por *Rhizobium phaseoli* en frijol [*Phaseolus vulgaris* L.], Colegio de Postgraduados, Chapingo, México. Tesis no publicada.
22. Galicia G.S., 1978. Prueba de diferentes niveles de fertilización nitrogenada y fosfatada en el cultivo de sorgo para grano (*Sorghum vulgare* P.) en la región de General Escobedo, N.L. Facultad de Agronomía U.A.N.L. Monterrey, N.L. Tesis no publicada.
23. García A., J. y S.A. Gavande, 1976. Influencia de niveles de humedad y de fertilización nitrogenada sobre la absorción de agua, nutrientes y en los rendimientos de dos variedades de maíz. U.A.A.A.N. Monografía técnico-científico. Vol.2. núm.8. Saltillo, Coah.
24. Gavande, S.A. 1972. Física de suelos, principios y aplicaciones. Ed. Limusa-Wiley, S.A. México 1, D.F.
25. Gros, A. 1981. Abonos, guía práctica de la fertilización, Ediciones Mundi-prensa, 7a. edición. Madrid, España.
26. Cuzmán C.I. 1981. Ecuaciones de predicción de las constantes hídricas (C.C. y PMP) a partir de la textura de la capa arable de los suelos del estado de Nuevo León. Facultad de Agronomía UANL. Tesis no publicada.

27. Hidalgo G.A., 1971. Métodos modernos de riego por superficie. 1a. edición. Ediciones Aguilar, S.A. Madrid, España.
28. Jacob, A. y H.V. Uexkull, 1966. Fertilización, nutrición y abonado de los cultivos tropicales y subtropicales, - 3er edición española, Impreso en países bajos.
29. Johan D.B., Kikchners, F.R. López G. "et al", 1982. Cultivos básicos, 1a. edición. Ed. trillas, México, D.F.
30. López J., J. 1984. Riego por surcos alternos en el cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). Facultad de --- Agronomía, U.A.N.L. Tesis no publicada.
31. Martínez E., R. 1980. Metodología para diseño de riego - en surcos con reducción de gasto. Colegio de postgraduados. Chapingo, Méx. Tesis no publicada.
32. Nuñez R., P. 1976. Estudio de componentes del rendimiento en 4 variedades de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), - sembrada a 4 densidades en General Escobedo, N.L., Facultad de Agronomía U.A.N.L. Tesis no publicada.
33. Palacios V., E. 1963. Cuánto, cuándo y como regar. Memorandum técnico No.195. S.R.H.
34. Palacios V.E., 1982. Estimación de requerimientos de -- agua de los cultivos para conocer el cuándo y cuánto regar. Centro de Hidrociencias, Colegio de Postgraduados,

Chapingo, Méx.

35. Palacios V., E. 1982. Respuesta de algunos cultivos a -  
régimenes variables de humedad del suelo. Centro de Hi-  
drociencias, Colegio de Postgraduados, Chapingo, Méx.
36. Rodríguez S., F. 1982. Fertilizantes, nutrición vegetal  
A.C.T. Editor, S.A. México, D.F.
37. Tisdale, S.L. y W.L. Nelson, 1970. Fertilidad de los --  
suelos y fertilizantes. Ed. Montaner y Simon, S.A. Bar-  
celona, España.
38. Zavala J., J. 1984. Sistema de riego por surcos alter--  
nos en el cultivo de maíz. Facultad de Agronomía, UANL.  
. Tesis no publicada.

A P E N D I C E

TABLA 1A. Características físico-químicas del lote experimental. "Evaluación del método de riego por surcos alternos con 5 dosis de fertilización nitrogenada en el cultivo de frijol", Marín, N.L. ciclo primavera-verano 1984.

CARACTERÍSTICAS FISICO-QUIMICAS	ESTRATO DEL SUELO ANALIZADO		
	0-30	30-60	cm 60-90
% Arena	13.43	11.68	10.27
% Limo	29.22	28.65	25.90
% Arcilla	57.35	59.67	63.83
Textura	Arcilloso	Arcilloso	Arcilloso
Color:			
Seco	10 YR 6/3	10 YR 6/3	10 YR 6/3
Húmedo	10 YR 4/3	10 YR 4/3	10 YR 4/2
Da gr/cm <sup>3</sup>	1.27	1.42	1.50
Hum. a CC%	25.99	26.00	25.96
Hum. a PMP%	11.45	10.87	9.76
Lad. cm	5.53	6.44	7.29
PH	7.8	7.75	7.75
M.O.%	1.111	0.845	0.503
CE mmhos/cm	1.47	2.07	2.55
Nitrógeno %	0.0056	0.0080	0.0049
Fósforo p.p.m.	3.7	3.2	1.5
Potasio kg/ha	241	140	73.5

TABLA 2A. Características del agua de riego "Evaluación del método de riego por surcos alternos con 5 dosis - fertilización nitrogenada en el cultivo de frijol". Marín, N.L. ciclo primavera-verano 1984.

CARACTERISTICA	DATOS	OBSERVACIONES
CE x 10 <sup>6</sup> a 25°C	900	Altamente salina
PH	7.9	
Ca en me/l	2.9	
Mg en me/l	1.8	
Na en me/l	4.3	
Suma de cationes me/l	9.0	
HCO <sub>3</sub> en me/l	0.2	
Cl en me/l	4.2	Condicionada
SO <sub>4</sub> en me/l	4.6	
Suma de aniones me/l	9.0	
SE en me/l	6.1	Condicionada
SP en me/l	6.5	Condicionada
RAS	2.8	Agua baja en sodio
CSR en me/l	0.0	Buena
PSP en me/l	70.49	Condicionada
Clasificación	C <sub>3</sub> S <sub>1</sub>	Agua altamente salina, agua baja en sodio

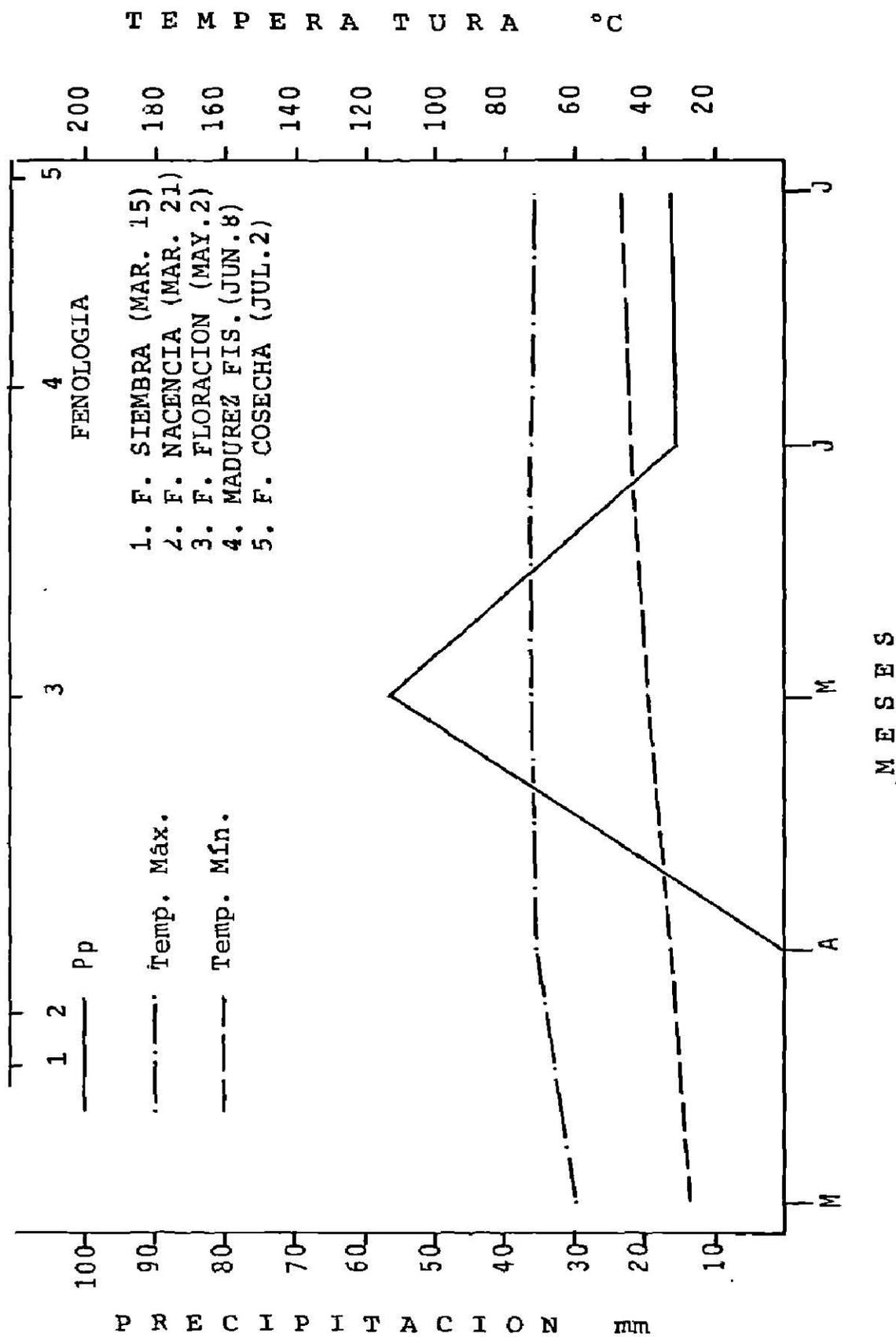


FIGURA 1 A. Climograma "Evaluación del método de riego por surcos alternos con 5 dosis de fertilización nitrogenada en el cultivo de frijol". Marín, N.L. ciclo primavera-verano 1984.

002901

