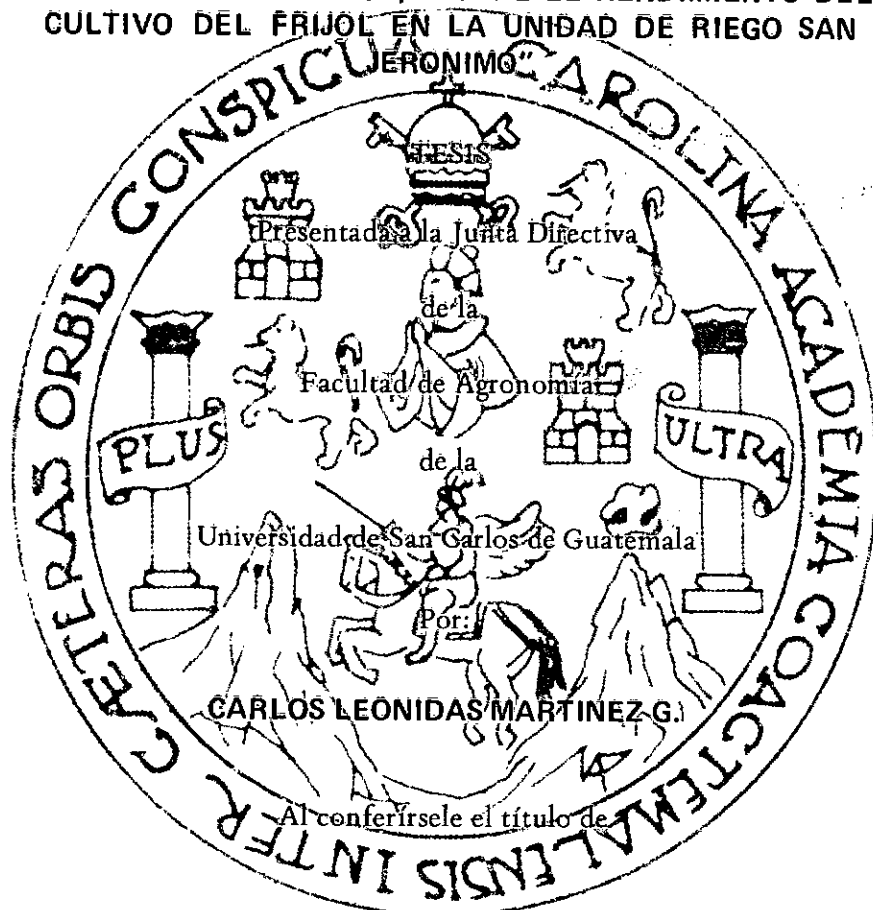


01
T(135)
C.3

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMIA

"INFLUENCIA DE LA LAMINA DE AGUA APLICADA Y
FRECUENCIA DE RIEGO; SOBRE EL RENDIMIENTO DEL
CULTIVO DEL FRIJOL EN LA UNIDAD DE RIEGO SAN



INGENIERO AGRÓNOMO

en el grado académico de

LICENCIADO EN CIENCIAS AGRICOLAS

Guatemala, Abril de 1977.

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

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

Rector

Dr. Roberto Valdeavellano P.

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA

Decano en Funciones:	Ing. Agr. Rodolfo Estrada González
Vocal Primero:	
Vocal Segundo:	Dr. Antonio Sandoval Sagastume
Vocal Tercero:	Ing. Agr. Sergio Mollinedo Buckley
Vocal Cuarto:	P.A. Laureano Figueroa
Vocal Quinto:	P.A. Carlos Leonardo
Secretario:	Ing. Agr. Leonel Coronado Cabarruz

TRIBUNAL QUE PRACTICO EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

Decano:	Ing. Agr. Carlos F. Estrada C.
Examinador:	Ing. Agr. Nehemías Monterroso
Examinador:	Ing. Agr. Ernesto Gonzalez
Examinador:	Ing. Agr. Baltazar Arévalo
Secretario:	Ing. Agr. Oswaldo Porres G.

Guatemala, 29 de marzo de 1977

Honorable Junta Directiva
de la Facultad de Agronomía
Ciudad Universitaria
Guatemala.

Honorable Tribunal Examinador:

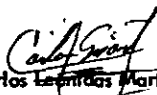
De conformidad con lo que establecen los Estatutos que rigen a la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el alto honor de presentar a vuestra consideración, el trabajo de Tesis que lleva por título:

"INFLUENCIA DE LA LAMINA DE AGUA APLICADA Y FRECUENCIA DE RIEGO; SOBRE EL RENDIMIENTO DEL CULTIVO DEL FRIJOL EN LA UNIDAD DE RIEGO SAN JERONIMO".

Cumplo de esta manera, con el requisito previo a optar el título de INGENIERO AGRONOMO, en el Grado Académico de LICENCIADO EN CIENCIAS AGRICOLAS. Espero que dicho trabajo merezca vuestra aprobación.

Aprovecho la oportunidad para presentaros mi respetuoso saludo.

Atentamente,


Carlos Leonardo Martínez G.

SECTOR PUBLICO AGRICOLA
MINISTERIO DE AGRICULTURA
DIRECCION GENERAL DE SERVICIOS AGRICOLAS
DIRECCION DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES Ref: 270.DRH.
DIVISION DE RECURSOS HIDRAULICOS Of: 58.
GUATEMALA, C.A. 16/3/77.

Teléfono 64164

Guatemala,
marzo 16 de 1977.

Señor
Decano de la
Facultad de Agronomía
Ciudad Universitaria, Zona 12
Guatemala, Ciudad.

Señor Decano:

Me permito indicarle que de acuerdo a la nominación de la Junta Directiva, he asesorado y revisado el trabajo de Te sís, titulado "INFLUENCIA DE LA LAMINA DE AGUA APLICADA Y FRECUENCIA DE RIEGO; SOBRE EL RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE FRIJOL EN LA UNIDAD DE RIEGO SAN JERONIMO".

Realizado por el Maestro de Educación Primaria Rural CARLOS LEONIDAS MARTINEZ GOMEZ, el cual reúne los requisitos establecidos.

Considero que dicho trabajo constituye un valioso aporte técnico para las Unidades de Riego de Guatemala.

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"



Ing. Agr. Eduardo Ispán
Colegiado No. 76
Asesor.

GUATEMALA ES PRIMERO

ACTO QUE DEDICO

A Dios Todopoderoso

A mis Padres:

Francisco S. Martínez Marroquín
Tráncito Gómez de Martínez

A mi esposa:

Ileana Lemus de Martínez

A mis hijas:

Karym Lissette
Lisbeth Ileana

A mis hermanos.

A mis sobrinos y familiares, en especial a:

José María Lemus
Elena Melgar de Lemus

Al asesor de este trabajo:

Ing. Agr. Eduardo A. Ibáñez García

TESIS QUE DEDICO

- A Guatemala
- A La facultad de Agronomía, de la Universidad de San Carlos
- A La División de Recursos Hidráulicos
- Al Personal de la Unidad de Riego San Jerónimo
- Al Ing. Agr. Ricardo Masaya Andrade.

CONTENIDO

1. Introducción
2. Objetivos
3. Hipótesis
4. Revisión de literatura
5. Materiales y Métodos
6. Trabajo de campo
7. Resultados
8. Discusión de Resultados
9. Conclusiones
10. Recomendaciones
11. Bibliografía

LISTA DE CUADROS

- 1) Datos climatológicos registrados en la Estación 2.6.4 San Jerónimo
- 2) Características físicas del suelo en el área del ensayo
- 3) Características químicas del suelo en el área del ensayo
- 4) Porcentajes de humedad del suelo
- 5) Análisis del agua
- 6) Programa de riego y láminas aplicadas por tratamiento
- 7) Et. diarias y láminas netas y brutas
- 8) Constantes hídricas
- 9) Volumen de agua a aplicar por tratamiento
- 10) Porcentajes de humedad, antes y después de cada riego y humedad consumida entre cada Frecuencia de Riego por tratamiento
- 11) Control de crecimiento de la plantación y cantidad de vainas por tratamiento
- 12) Agua consumida del suelo
- 13) Eficiencia de agua consumida en relación con la aplicada
- 14) Porcentajes de humedad antes del riego y humedad aprovechable por tratamiento y estrato
- 15) Evapotranspiraciones totales por cada 30 cm. y distribución porcentual por tratamiento

- 16) Rendimiento en Kg. por parcela experimental en Kg/Ha.
- 17) Rendimiento del frijol en grano al 12o/o de humedad Kg/Ha.
- 18) Análisis de variación del rendimiento de frijol en Kg/Ha.
- 19) Comparaciones múltiples entre medias.

LISTA DE GRAFICOS

1. Curva de retención de humedad en el suelo
2. Plano del lote experimental y distribución de parcelas en bloques al azar
3. Coeficiente de desarrollo del cultivo del frijol
4. Colocación de sifones en el campo
5. Variación del contenido de humedad en el suelo Tratamiento I y II
6. Variación del contenido de humedad en el suelo Tratamiento III y IV
7. Relación entre niveles medios de humedad aprovechable antes del riego y rendimiento.

LISTA DE TABLAS

1. Gasto (Q) del sifón y tiempo de descarga por volumen requerido

1. INTRODUCCION

Tradicionalmente las siembras comerciales de frijol, en Guatemala, se realizan en la época lluviosa y al final de la misma, tratando de aprovechar al máximo la humedad existente en el suelo, aportada por las precipitaciones. En dicho período se observa que, como una consecuencia de la gran variación de la intensidad, período y duración de las precipitaciones, existe descenso en los rendimientos de grano, ocasionados por los déficits de humedad en el suelo, en las épocas críticas de desarrollo del cultivo, así como por la proliferación de enfermedades y plagas durante períodos de alta humedad relativa.

No obstante lo anterior, experiencias realizadas indican la factibilidad de desarrollar el cultivo del frijol con éxito, durante el estiaje, si sus requerimientos de humedad son satisfechos mediante la aplicación del riego.

En la actualidad no se cuenta en nuestro medio con los estudios de investigación, que proporcionen datos necesarios para la buena programación y distribución del recurso agua, por lo que se hace necesario desarrollar programas investigativos en las relaciones agua-suelo-planta, de cuyos resultados se obtengan mejores técnicas en la aplicación, manejo y distribución de la misma.

Los proyectos de riego en nuestro medio, constituyen áreas potenciales en el desarrollo de la agricultura, ya que podemos aprovechar en forma planificada los recursos agua-suelo; pero se carece de la metodología para el uso óptimo del agua, motivo por el cual es necesario impulsar trabajos que permitan obtener experiencias en este campo.

El presente estudio fue realizado para determinar la frecuencia de riego y la lámina de agua aplicada en cuatro tratamientos distintos, para frijol (*Phaseolus vulgaris*).

Fue seleccionada la variedad de frijol Jamapa, la cual ha demostrado una mejor adaptación a las condiciones ecológicas, predominantes en la zona donde se estableció desarrollar el estudio y por ser actualmente una de las mejores en rendimiento.

2. OBJETIVOS

El presente trabajo tiene como objetivos principales:

1. Determinar el consumo de agua del frijol Variedad Jamapa.
2. Determinar los niveles de humedad mínimos antes de cada riego, en los suelos donde se desarrollará el cultivo.
3. Determinar la curva de rendimientos según los diferentes intervalos de aplicación del riego.

3. HIPOTESIS

Se parte de la situación actual, de que el frijol al igual que el resto de los cultivos bajo riego, se desarrollan con aplicaciones de láminas y frecuencias de riego, que no han sido determinados técnicamente, de acuerdo a las necesidades intrínsecas del cultivo y a las características ecológicas de la zona.

4. REVISION DE LITERATURA

En nuestro país la experiencia que se tiene en trabajos de investigación relacionada con el presente estudio, es relativamente escasa, por lo que se cuenta con poca literatura producida.

En otros países con agricultura bajo riego, también se ha investigado muy poco sobre este tema, sin embargo, de los trabajos realizados se ha llegado a establecer metodologías, que permiten desarrollar este tipo de estudios bajo las condiciones propias de nuestro medio.

Robins y otros (13) exponen que pueden observarse síntomas visuales de tensión en las plantas, por cambios en el color de las hojas, a verde oscuro y marchitamiento, reduciéndose el crecimiento vegetativo pero no la producción de semillas; aunque requiere de riegos frecuentes por poseer un sistema radicular superficial.

Recomiendan que en suelos profundos se riegue a los 5-8 días después de presentarse el síntoma visual de tensión, y en suelos poco profundos, aplicarlo dentro de los 5 días siguientes al cambio de color (del verde claro al verde oscuro). Después del desarrollo vegetativo, los intervalos de riego sugeridos son de 5-7 días para suelos de textura gruesa y 15-25 días para suelos profundos y de textura fina.

Berrios (8) hace mención de rendimientos en frijol bajo riego, de 1,980 Kg/Ha., hay una evidencia en este caso de los problemas de excesos de humedad y de la irregular distribución de las lluvias donde incluyó riegos semanales durante 10 semanas, además de humedecer la plantación con anterioridad.

Sus conclusiones para crecimiento bajo riego fueron:

- a) El ciclo de crecimiento fue prolongado 10 días
- b) Los rendimientos aumentaron un 85o/o

- c) La población de plantas fue mantenido de 32 a 450/o menos atacados por enfermedad.

Vegas y Martínez (14) recomiendan el riego del cultivo con una frecuencia de 12 días, aplicando una lámina de agua de 50 mm. hasta los 24 días de edad, posteriormente, riegos con frecuencia de 9 días, aplicando una lámina neta de 50 mm. hasta los 70 días de edad.

En el proyecto de riego piloto de Santa Rosalía, en Guatemala (5) se estableció para el cultivo un requerimiento de agua de 391 mm. en su período completo, basándose en los datos climatológicos existentes para desarrollar el método de Blaney-Criddle.

Asimismo que, un riego apropiado contribuye al incremento de los rendimientos y al mejoramiento de la calidad, así como a la selección de variedades apropiadas y a la aplicación de fertilizantes adecuados.

La deficiencia de humedad en el suelo antes de la floración retrasa el desarrollo y hace que se prolongue el intervalo de formación de las vainas, dando como resultado el retraso en la recolección y disminución de la producción, tanto por calidad como por pérdidas por desgrane.(13)

En la estación experimental Scott Bluff (13), en ensayos realizados con frijoles enhiestos, establecieron que para que el riego sea más eficiente en el suelo, el conocimiento del desarrollo radicular es muy útil; pues cuando las plantas nacen, las raíces tienen solo 7.5 a 10 cm. de longitud, las cuales en suelos profundos y bien drenados se desarrollan convenientemente en los primeros 30 cm. Cuando las plantas comienzan a florecer, hay raíces que pueden extenderse más de 60 cm. de profundidad, y cuando las vainas comienzan a madurar, las raíces se desarrollan a lo largo de los primeros 90 cm., teniéndose casos en que puede penetrar hasta una profundidad de 120 a 150 cm., según necesidades de agua.

El clima y la duración de la temporada de crecimiento, determinan en gran parte el volumen de agua necesaria del cultivo.(9) Por lo que en forma general J.S. Robins y O.W. Howe (13) establecieron que los requerimientos de agua que utiliza la planta en su desarrollo, son aproximadamente de 8 a 12 mm. diarios, durante las 2 a 3 primeras semanas después de su germinación; durante los períodos de floración y formación de las vainas, el índice es de 20 a 40 mm. diarios. Dicho índice puede continuar si las condiciones de clima son calurosas y secas hasta que las primeras vainas comiencen a madurar; de donde consumirá una lámina total de 28 a 45 cm. durante todo su ciclo vegetativo.

Otro índice del requerimiento de agua, es el que conforme aumenta el crecimiento de las raíces, así se incrementa la absorción del agua que la planta extrae del suelo y dentro del cual las fuerzas de retención van haciéndose cada vez más grandes, siendo más difícil para las plantas extraer agua cuando el suelo se va secando. El frijo utiliza aproximadamente de dos tercios a tres cuartos, del agua disponible a la profundidad de 30 a 48 cm. y aproximadamente el resto, en la mitad de las otras profundidades en que crezcan las raíces.

Los mismos autores dicen, que en ensayos realizados con frijol Great Northern, en la estación experimental Scotts, Mitchell, Nebraska, determinaron que varios suelos regados a toda su capacidad, tendrán las siguientes cantidades aproximadas de agua disponible para las plantas de frijol.

Agua Disponible en Cm.

Tipo de Suelo	Profundidades	
	0-30 cm.	30 cm. o más
Suelos Arenosos (textura gruesa)	15 a 27 cm.	14 cm. a 17
Suelos Limosos (textura media)	27 a 33 cm.	17 cm. a 27
Suelos Arcillosos	33 a 37 cm.	27 cm. a 31

Estos valores toman en consideración, las diferencias de porcentajes de agua disponible extraídas de diferentes suelos.

El cultivo del frijol debe regarse después de 3 a 5 días de que el follaje adquiere una coloración verde oscura y azulada. Si el riego se retarda más de 7 a 10 días después de este síntoma, el rendimiento disminuirá, ya que hay retraso en la floración y por ende el desarrollo del cultivo.

El frijol, siendo leguminosa, responde a la aplicación de fertilizantes, particularmente al nitrógeno y fósforo (9) pero hay zonas en que se realizan estudios en donde no se hace necesaria la aplicación por las razones siguientes:

- a) Cuando se usen suelos previamente fertilizados por otros cultivos.
- b) Cuando existen densidades irregulares y crecimientos con poca producción.
- c) Cuando se usan tierras nuevas, recién deforestadas o desmontadas.

Venegas y Martínez (14) dicen que la caraota (*Phaseolus vulgaris*) es muy atacada por enfermedades de la raíz y organismos patógenos en terrenos húmedos, por lo que el cultivo en la estación seca necesita control en el riego. Luego mencionan, que los frijoles muestran síntomas de agotamiento cuando se riega demasiado y previenen que el sistema de raíces esparcidas pueden necesitar riegos frecuentes, recomendando que el agua en la profundidad del surco sea retenida a menos de 3 pulgadas, con el fin de reducir la humedad del suelo, lo cual es una condición favorable para evitar el aumento de enfermedades patógenas.

5. MATERIALES Y METODOS

5.1 GENERALIDADES:

El experimento fue realizado en terrenos de la estación experimental del Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola (ICTA), que se encuentra ubicado dentro del área del proyecto de la Unidad de Riego San Jerónimo, en el departamento de Baja Verapaz, a 150 kms. de la ciudad capital. La Unidad de Riego San Jerónimo se encuentra localizada dentro de los municipios de Salamá y San Jerónimo, del departamento de Baja Verapaz, y está limitada de la manera siguiente:

Al Norte por el río San Jerónimo; al Sur por el río La Estancia; al Este por la población de San Jerónimo y las montañas de San Lorenzo (sierra de las minas); y al Oeste por el río La Estancia y población de Salamá.

Su longitud máxima es de 7.5 kms. en dirección Este-Oeste con un ancho que varía de 1.3 a 4 kms. en sentido Norte-Sur.

La topografía del Valle es bastante plana con pendiente denominante del orden del 50/o en sentido Este-Oeste y 100/o en sentido Norte-Sur.

Geográficamente está comprendida entre las longitudes 90°00' y 90°20' Oeste del Meridiano de Greenwich, y latitudes 15°00' y 15°20' Norte. La altura promedio sobre el nivel del mar es de 960 mts.

La Unidad de Riego está diseñada con una extensión de 1,200 Has., de las cuales 1,020 son potencialmente factibles de irrigar.

5.2 HISTORIAL DEL CAMPO EXPERIMENTAL

Este campo ha sido utilizado durante varios años en la siembra del maíz, para producir semillas mejoradas en la estación

lluviosa; así como de hortalizas (tomate, melón, ajo), en el período de estiaje bajo la práctica del riego, lográndose así dos cosechas por año.

Por lo anteriormente mencionado, podemos hacer notar que se ha realizado una rotación de cultivos que ha venido a mejorar las condiciones agronómicas de los suelos, pues con esta práctica se han implantado métodos distintos en las labores culturales de cada cultivo.

La preparación de estos terrenos, hace 5 años, se hacía con el sistema tradicional de utilizar arados de tracción animal y siembra con macana; pero desde que el ICTA estableció su campo experimental, se mejoró usando arados de disco y rastras tirados con maquinaria agrícola; mejorándose en un alto grado, la preparación y las condiciones del suelo para el desarrollo de los cultivos, los cuales son efectuados con fines experimentales.

5.3 CLIMA

La Unidad de Riego San Jerónimo, está ubicada dentro de la conformación ecológica sub-tropical seca según Holdridge y según Thornthwaite (1) predomina un clima semi-cálido, con vientos benignos y secos predominando vegetación natural característica de pastizales.

Tomando los datos climatológicos registrados en la estación No.2.6.4, de San Jerónimo, durante el período 1968-1975 las características principales son las siguientes:

Temperatura promedio máxima es de 27.6°C ; mínima 15.3°C ; media 21.1°C ; con una precipitación promedio anual de 866.7 mm. registrados en 118 días de lluvia; humedad relativa media anual de 74 o/o.

En el cuadro No.1 se muestra los valores medios mensuales de días de lluvia, precipitación, temperatura media, humedad relativa media, evaporación, insolación para un período de 10 años registrados en la estación mencionada.

CUADRO No.1

Datos climatológicos registrados en la estación 2.6.4 San Jerónimo
Lat. 10°04' Long. 90°14'

MES	PRECIPITACION		TM.	HRM.	EV.	I.
	mm.	D.LL				
Enero	4.2	02	18.8	68	2.8	224.2
Febrero	4.3	02	19.3	66	3.5	201.8
Marzo	5.8	02	21.1	64	4.6	243.5
Abril	19.16	03	22.5	66	4.0	218.6
Mayo	61.3	09	22.8	66	3.2	212.6
Junio	188.3	17	22.4	77	2.1	178.6
Julio	147.0	17	21.3	76	1.9	167.1
Agosto	156.6	17	21.2	77	1.8	186.8
Septiembre	174.0	19	21.3	81	1.5	156.6
Octubre	106.5	14	21.4	78	1.7	193.5
Noviembre	27.3	07	19.2	73	1.9	175.8
Diciembre	9.3	03	18.9	68	2.3	187.1

5.4 SUELOS:

Donde se encuentra ubicada la parcela, el suelo pertenece a la clase Agrológica I (1) y se define en forma general, como

profundo, textura media, estructura en bloque sub-angulares medianos, moderadamente desarrolladas, de consistencia suave a ligeramente dura en seco y friable en húmedo; son suelos permeables con una zona radicular de 50 a 80 cm., la retención de humedades media y el contenido de materia orgánica de 2.93 a 3.96o/o; el pH. va de neutro a ligeramente ácido.

Estos suelos no presentan problemas de salinidad, pues en el análisis desarrollado por el laboratorio de suelos de DIRENARE, presentan una conductividad eléctrica baja de 0.06 a 0.8 mmhos/cm.

5.4.1 PROPIEDADES FISICO-QUIMICAS DE LOS SUELOS EN LA PARCELA DEL EXPERIMENTO

La determinación de las características físicas del suelo en el sitio experimental, se realizó por medio de una calicata de 1.50 x 1 x 1 metros y se tomaron las muestras a tres niveles de profundidad; siendo la primera de 0-30 cms, la segunda de 30-60 cms. y la tercera de 60-90 cms. Dentro de estas profundidades se desarrolla el 80o/o de las raíces del frijol y son capaces de absorber un 70o/o de la humedad existente, bajo condiciones de suelos profundos y criterios agronómicos del riego (2).

Los análisis físicos y químicos se realizaron en laboratorio, y los resultados pueden observarse en cuadros No.2 y No.3.

Como podrá notarse en el último cuadro citado, la capacidad total de intercambio es baja en el perfil, por lo que se considera que no permite una buena capacidad de retención de fertilidad, y donde el calcio intercambiable es medianamente alto, el magnesio es normal, el contenido de sodio es bajo y el potasio es más o menos normal.

CUADRO No.2

CARACTERISTICAS FISICAS DEL SUELO EN EL AREA DEL ENSAYO

Profundidad	o/o	o/o	o/o	Textura	Densidad Aparente	M.O.
Cm.	Arcilla	Limo	Arena			
0-30	17.76	37.84	44.40	Franco	1.0788	2.981
30-60	11.43	36.59	51.98	Franco	0.9951	1.801
60-90	9.88	34.07	56.05	Franco Arenoso	1.0490	0.896

CUADRO No.3

CARACTERISTICAS QUIMICAS DEL SUELO EN EL AREA DEL ENSAYO

(Miliequivalentes/100 gramos de suelo)

Profundidad Cm.	CA.	MG.	NA.	K.	H.	Capacidad Total de Intercambio	Saturación en Bases o/o
0-30	8.03	2.75	0.19	0.49	1.60	13.06	87.75
30-60	5.82	2.49	0.19	0.33	0.90	8.80	100
60-90	4.23	2.02	0.16	0.28	0.75	6.44	100

5.4.2 CONSTANTE DE HUMEDAD DEL SUELO

En el laboratorio se determinaron en olla y placa de presión, las constantes de humedad del suelo, sometiendo las muestras a tensión de $1/3$, $1/2$, 5, 10 y 15 atmósferas, para la elaboración de las curvas de humedad correspondientes a cada estrato del perfil, las que se presentan en el cuadro No.4 y gráfica 1.

De acuerdo a estos resultados, se puede observar que el contenido de humedad varía en el perfil de 33.95o/o a 37.96o/o en capacidad de campo (CC) y de 17.45o/o a 22.40o/o en el punto de marchitez permanente (PMP) de donde el porcentaje de humedad aprovechable (HA), varía de 16.42o/o a 17.36o/o.

CUADRO No.4

18

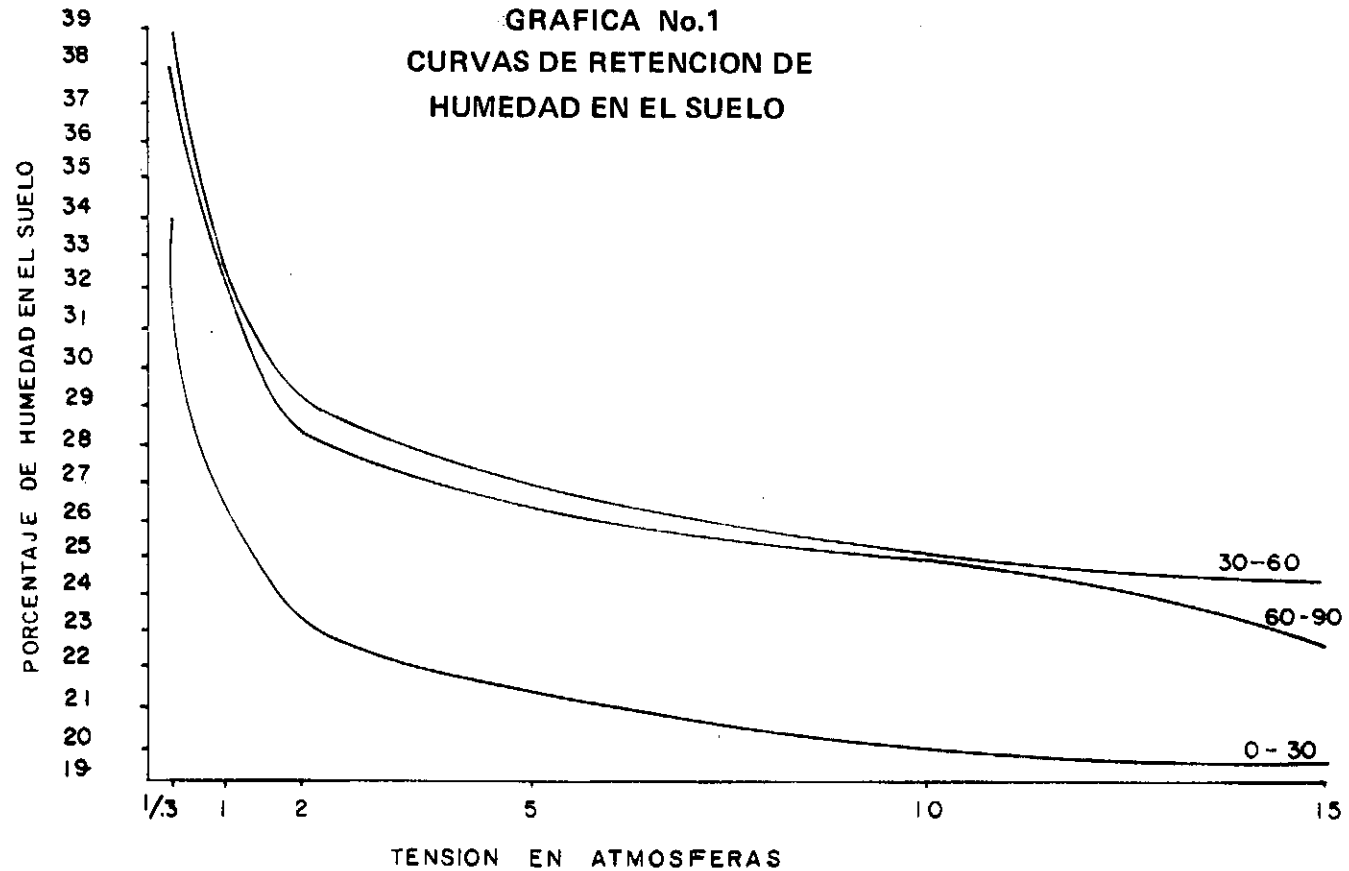
PORCENTAJES DE HUMEDAD DEL SUELO

Profundidad Cms.	Tensión en Atmósferas					Humedad Aprovechable o/o (Ha).	
	1/3 (1)	1	2	5	10	15 (2)	
0-30	33.95	26.22	23.06	21.56	20.22	17.45	16.50
30-60	38.82	32.74	29.31	27.23	25.31	22.40	16.42
60-90	37.96	32.57	28.04	26.16	25.00	20.60	17.36

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

(2) o/o de humedad en punto de marchitez permanente (PMP).

GRAFICA No.1
CURVAS DE RETENCION DE
HUMEDAD EN EL SUELO



5.5 DISPONIBILIDAD DE AGUA

La Unidad de Riego San Jerónimo tiene como fuente potencial de abastecimiento, el río Salamá, con caudal de 550-750 Lts./segundo, auxiliado por el río Chilascó con 500 Lts./segundo, lo que permite beneficiar la extensión de riego del Valle Central de San Jerónimo-Salamá, para incrementar el potencial agrícola de la zona.

La ejecución de obras para el uso del agua subterránea aumentaría los costos relacionados con la obra existente, por lo que no se ha estudiado aún; debido a ello se plantea la posibilidad de encauzar los ríos Concepción y Ribacó para poder cubrir las necesidades del riego del valle sur y zona norte.

El análisis de laboratorio de las aguas (Cuadro No.5), tomadas a la altura del punto de estacionamiento 0+300 de la prensa derivadora determinó que su calidad para el riego es buena y corresponde a la clase C1 S1 de acuerdo a la clasificación propuesta por el manual 60 U.S.D.A.

CUADRO No.5
ANALISIS DE AGUA

CARACTERISTICAS

Ph	8.00
Conductividad eléctrica	100 Ce x 10 ⁶ a 25°C
Sodios en solución P.P.M.	75
Cationes	Meg/11
Ca	0.22
Mg	0.36
Na	0.26
K	0.21
Suma de Cationes	1.05
Aniones	Meg/lt.
Co ₃	0.00
Hco ₃	0.80
Cl	0.13
No ₃	0.00
So ₄	0.18
Suma de Aniones	1.11
o/o de Sodio Soluble	12.76
Ras	0.68
Na ₂ Co ₃ res	0.22
Clase	C ₁ S ₁

5.6 DISEÑO EXPERIMENTAL:

El diseño experimental empleado en el estudio fué el de bloques al azar, consistente en 4 tratamientos y 4 repeticiones por tratamiento.

5.6.1 TAMAÑO DE LA PARCELA:

Las características de las parcelas experimentales (gráfico 2) nos demuestra que una parcela cuenta con 6 metros de longitud por 4.5 metros de ancho, compuestas de 7 surcos; dando un área por parcela de 27 mts., cuadrados. El área total es de 432 metros cuadrados (16 parcelas); las parcelas están separadas un metro, una de la otra con la finalidad de evitar traslape de humedad entre parcelas. Los surcos tienen una pendiente cero con sus extremos cerrados por medio de bordes de tierra, una separación de 50 cms. entre surco y surco; con una distancia entre planta y planta de 10 cms. haciendo un total de 60 plantas por surcos y 420 por parcela. Se cosecharon 5 surcos por parcela lo que se consideró, como el área útil del ensayo, conteniendo ésta 300 plantas, las que se tomaron como efectivas para el cálculo de rendimiento.

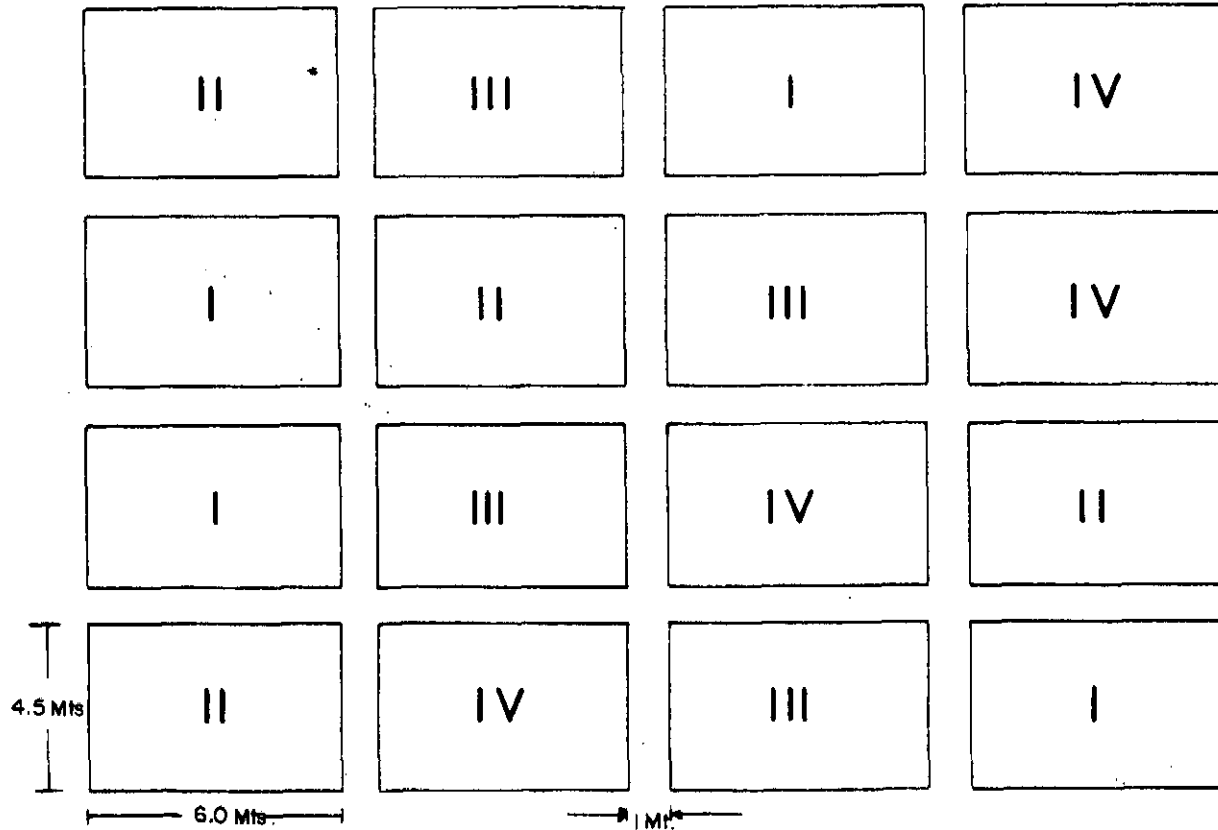
5.6.2 TRATAMIENTOS:

Los tratamientos del experimento son cuatro frecuencias distintas, por lo que las láminas aplicadas en cada riego fueron diferentes para cada uno de ellos; pero la lámina total aplicada en todos los tratamientos fue la misma (Cuadro No.6).

Las láminas de riego para cada tratamiento fueron calculadas en base a la evapotranspiración diaria promedio de 3.7 mm, que fue obtenida en base a los valores de las evapotranspiraciones mensuales promedios de los meses de enero, febrero y marzo; cuyos valores son 106.8, 112.4, 154.6 milímetros respectivamente, para un período de 13 años de registro y fueron estimados por Minera (10) por medio del método de Hargreaves.

GRAFICO No.2

DISTRIBUCION DE PARCELAS EN BLOQUES AL AZAR
Y DIMENSIONES DE C/PARCELA



CUADRO No.6

PROGRAMA DE RIEGO Y LAMINAS APLICADAS
POR TRATAMIENTO:

FECHA:	T-1	T-2	T-3	T-4
26 Enero	2.70			
30 Enero	2.70	5.40		
3 Febrero	2.70		8.08	
7 Febrero	2.70	5.40		10.78
11 Febrero	2.70			
15 Febrero	2.70	5.40	8.08	
19 Febrero	2.70			
23 Febrero	2.70	5.40		10.78
27 Febrero	2.70		8.08	
2 Marzo	2.70	5.40		
6 Marzo	2.70			
10 Marzo	2.70	5.40	8.08	10.78
14 Marzo	2.70			
18 Marzo	2.70	5.40		
22 Marzo	2.70		8.08	
26 Marzo	2.70	5.40		10.78
TOTAL:	43.20	43.20	43.20	43.20

Se estimó que el cultivo del frijol tiene un coeficiente de consumo medio de 0.9 (gráfica No.3), que multiplicado por la evapotranspiración diaria promedio, dando como resultado el valor de 3.37 mm. lo cual es la lámina a reponer diariamente al suelo.

Las láminas que se aplicaron en cada tratamiento y por cada riego, fueron calculadas multiplicando el consumo (real) diario estimado, por el intervalo de riego; el resultado fue dividido por la eficiencia de riego asumida, (se estimó en un 50o/o), tomando como base el criterio de Gundersen (6); que

dice que las pérdidas de agua por el sistema de aplicación a nivel parcelario llegan a ser del 50o/o.

En el cuadro No.7 se especifican las láminas de riego netas y brutas afectadas por el 50o/o de eficiencia para cada tratamiento.

CUADRO No.7

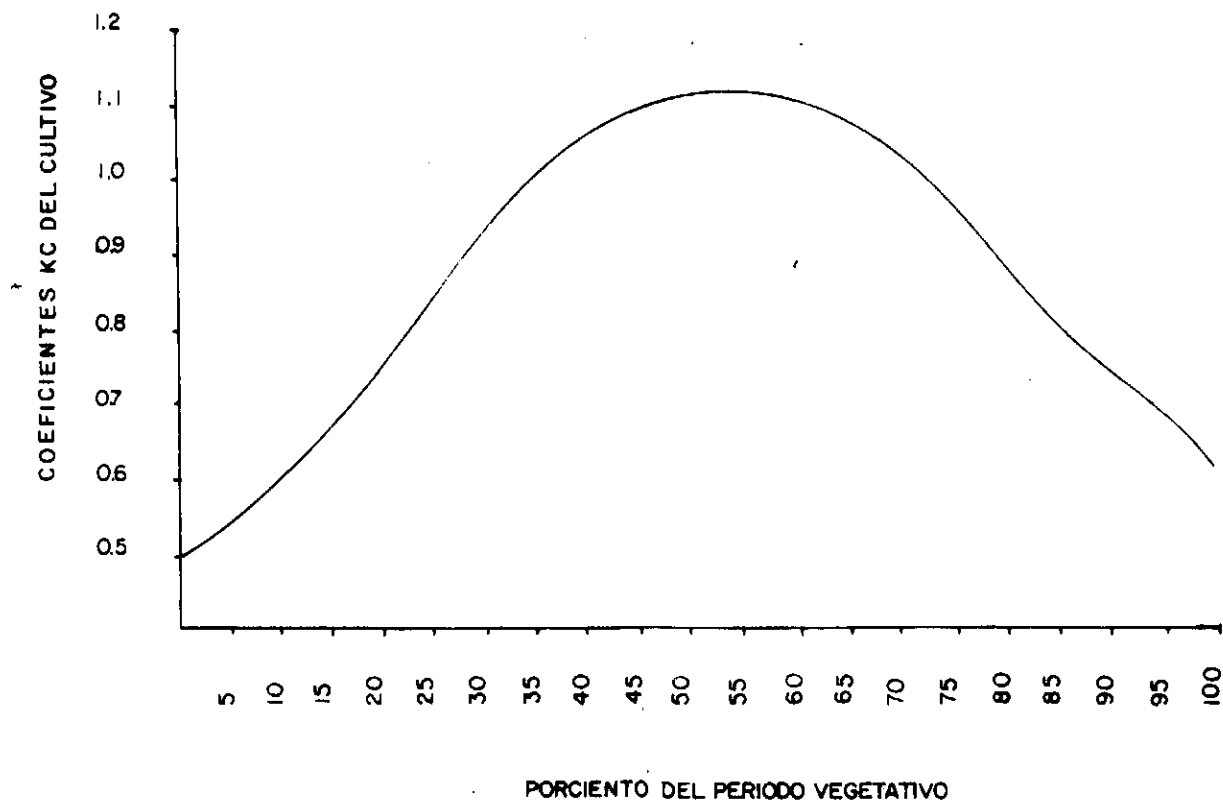
Tratamientos	Et. diaria	Frecuencia	LN	LB
I	0.337 cm.	4 días	1.35 cm.	2.70 cm.
II	0.337 cm.	8 días	2.70 cm.	5.39 cm.
III	0.337 cm.	12 días	4.04 cm.	8.08 cm.
IV	0.337 cm.	16 días	5.39 cm.	10.78 cm.

Para calcular la frecuencia teórica y el umbral de riego (LUR), se tomaron en cuenta los promedios de los valores de las constantes hídricas del suelo, analizando a las tres distintas profundidades dadas.

CUADRO No.8

Capacidad de Campo (CC)	36.91o/o
Punto de marchitez permanente (PMP)	20.15o/o
Densidad Aparente (DA)	1.04 g/cms. ³
Profundidad radicular	90. cms.

GRAFICA No.3
COEFICIENTE DE DESARROLLO DEL CULTIVO DEL FRIJOL



La humedad aprovechable (HA) por las plantas, es la diferencia entre la capacidad de campo y el porcentaje de marchitamiento permanente, es decir, a capacidad de campo la humedad aprovechable es de 100o/o y a punto de marchitamiento será 0o/o, por lo tanto, la lámina máxima que podemos aplicar para humedecer el suelo a una profundidad, sin desperdicio de agua será:

$$La = \frac{(CC - pmp) \times Da \times pr}{100}$$

Luego la lámina a umbral de riego, que es la lámina fácilmente disponible en la práctica de riego y que generalmente no permite un agotamiento mayor del 40o/o al 60o/o, cuyo criterio ha sido estudiado y analizado por el Dr. Grassi (4); pero que como regla práctica comunmente empleada, él toma un 50o/o de agotamiento, en cuyo caso la lámina neta de agua a reponer en cada riego será:

$$dn = \frac{0.50 (CC - pmp) DA \times pr}{100}$$

Con ésta fórmula se procedió al cálculo, usando para el efecto los datos del cuadro No.(8) de la manera siguiente:

$$dn = 0.50 (36.91 - 20.15) \times 1.04 \times 90 = 7.84 \text{ cm.}$$

FRECUENCIA DEL RIEGO:

Con los datos de evapotranspiración diaria calculada anteriormente y la lámina a umbral de riego, procedemos al cálculo usando la fórmula siguiente:

$$Fr = \frac{dn}{etd}$$

En donde:

Fr	=	frecuencia de riego
dn	=	lámina a umbral de riego
etd	=	evapotranspiración diaria

Aplicando los datos de la fórmula tenemos:

$$Fr = \frac{7.84 \text{ cm}}{0.337} = 23.26 \text{ días.}$$

De donde deducimos que la lámina de 7.84 cms. se consumirá en un intervalo de 23.26 días; relacionando este intervalo con los establecidos de 4-8-12-16 en el experimento, obtenemos las láminas por tratamiento.

TRATAMIENTO DEL EXPERIMENTO:

Tratamiento I: Lámina bruta por riego 2.70 cm. a intervalos de aplicación cada 4 días.

Tratamiento II: Lámina bruta por riego 5.39 cm. a intervalos de aplicación cada 8 días.

Tratamiento III: Lámina bruta por riego 8.09 cm. a intervalos de aplicación cada 12 días.

Tratamiento IV: Lámina bruta por riego 10.78 a intervalos de aplicación cada 16 días.

De modo que conocida la lámina bruta por aplicar, la multiplicamos por el área de riego, encontramos así el volumen teórico del agua para la aplicación por riego.

Tratamiento I: $2.70 \times 270000 \text{ cm}^2 = 729000 \text{ cc.}$

Tratamiento II: $5.39 \times 270000 \text{ cm}^2 = 145530 \text{ cc.}$

Tratamiento III: $8.08 \times 270000 \text{ cm}^2 = 218160 \text{ cc.}$

Tratamiento IV: $10.78 \times 270000 \text{ cm}^2 = 291060 \text{ cc.}$

Tenemos en cada parcela 7 surcos; si se divide el volumen de agua a aplicar dentro el número de surcos, conocemos el volumen requerido por cada uno.

Tratamiento I: $729000/7 = 104.14$ Lts.

Tratamiento II: $2455300/7 = 207.90$ Lts.

Tratamiento III: $2181600/7 = 311.66$ Lts.

Tratamiento IV: $2910600/7 = 415.80$ Lts.

6. TRABAJO DE CAMPO

6.1 LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO:

El levantamiento topográfico y nivelación del terreno, se realizó con el fin de elaborar el plano del ensayo experimental, el diseño de la toma o regadera en la aplicación del agua y el trazo preliminar de las parcelas del lote experimental (gráfico No.2).

6.2 PREPARACION DEL TERRENO:

Esta preparación fue realizada por medio de un tractor con arado de disco, efectuándose dos pasadas en forma cruzada a una profundidad de 30 cms; luego se le dió una pasada de rastra para homogenizar el terreno.

6.3 TRAZO DE PARCELAS:

Con el plano elaborado para el efecto, se realizó el trazo de las parcelas en el lote del ensayo, asimismo, de la toma que se usaría como regadera, de los surcos de siembra, los cuales estarían cerrados en sus extremos y nivelados para la mejor aplicación y eficiencia del riego.

6.4 SIEMBRA:

La siembra fue efectuada el 22 de enero de 1976, se utilizó semilla de Jamapa, con el sistema por golpe, es decir con macana; colocando 2 a 3 semillas por postura a una distancia de 10 cms. entre postura y 50 cms. entre surcos.

La germinación fue del 80o/o iniciándose a los 8 días después de la siembra. A los 23 días las plantas tenían las 3 primeras hojas verdaderas momento en el cual se efectuó un raleo dejando 1 planta por golpe para tener una densidad de 155,556 plantas por hectárea.

6.5 FERTILIZACION:

En el área donde se estableció el ensayo, se había cosechado maíz, el cual fue abundantemente fertilizado. En este caso se aplicó el criterio de Miller (9), que dice que cuando en un terreno se hubiere fertilizado con suficiencia, al establecer un cultivo de frijol, se aproveche el residuo de los productos empleados.

6.6 CONTROL FITOSANITARIO:

En el desarrollo del cultivo únicamente se observó ataque de insectos y poca incidencia de antracnosis; por lo que se hizo aplicaciones preventivas de pesticidas, los que se detallan a continuación:

FECHA DE APLICACION	PLAGA	PESTICIDAS
3/2/76	Tortuguilla	Folidol-Antracol triton
7/2/76	Tortuguilla	Folidol-Antracol triton
16/2/76	Tortuguilla y arañita roja (tetra- nychus SP)	Tamaron
24/2/76	Grillo Tortuguilla	Tamaron

6.7 RIEGOS

6.7.1 CLASE DE RIEGOS:

Se dieron dos clases de riego: uniformes y diferenciados. Los riegos uniformes son los que se dan a todo el ensayo en las mismas fechas y sin medir el volumen. Suspendiéndose al observar la completa saturación del suelo.

Estos fueron dados unas 24 horas antes de la siembra, obteniéndose de esta manera una humedad adecuada para la mejor germinación de la semilla. El segundo riego uniforme fue

aplicado el 5 de abril, 18 días antes de la cosecha con el fin de uniformizar la madurez y evitar en parte el desgranamiento (9).

Los riegos diferenciados son aquellos que se dan de acuerdo a los tratamientos, siendo descritos con mayor detalle en el cuadro No.6.

6.7.2 EJECUCION DEL RIEGO:

El riego fue dado por surcos; los cuales estaban nivelados, es decir no tenían pendiente y cerrados en sus extremos. La cantidad de agua fue medida en litros y aplicada de acuerdo a lo calculado en los riegos diferenciados, variando la cantidad por tratamiento. (Cuadro No.9).

CUADRO No.9
VOLUMEN DE AGUA A APLICAR POR TRATAMIENTO

Tratamiento	Litros/surco
I	104.14
II	207.90
III	311.66
IV	415.80

Se construyó una acequía en la cabecera de la parcela, de donde se derivó el agua para el riego por medio de sifones de 2" de diámetro; siendo conducida a cada surco mediante tubos flexibles, transparentes y de diferentes longitudes.

En el centro de la acequía se colocó un trompo de madera para mantener el mismo punto de apoyo del sifón, así como también en la salida del mismo. En ambos puntos de apoyo se colocó un caballete, con escala en centímetros para el debido control de la carga (h), a la que debía trabajar el sifón para poder derivar el caudal calculado en cada uno de los tratamientos. (Gráfica No.4).

El volumen de agua a aplicar, se calculó de acuerdo al área por regar y la lámina de riego por tratamiento.

Para medir el caudal de agua que sale por el sifón empleado en la derivación, se usó la siguiente fórmula.

$$Q = K \cdot c_d \cdot A \sqrt{2gh}$$

donde:

Q = caudal en Lts/seg.

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

Cd = coeficiente de descarga del sifón = 0.785

A = Area transversal del flujo en cm².

g = Aceleración de la gravedad 9.8 cm/seg.².

h = Carga de agua en centímetros.

Al considerar en la fórmula anterior que los valores de K, cd, A y g son constantes, ésta se puede expresar de la siguiente manera (12)

$$Q = K \sqrt{h}$$

De donde el caudal queda en función de h, (altura en cm. que se disponía en la acequia). De acuerdo a esta relación se elaboró una tabla de tiempos, para aplicar los volúmenes deseados, que fue la base para el desarrollo de los riegos. Tabla No.1

COLOCACION DE SIFONES EN EL CAMPO
GRAFICA No.4

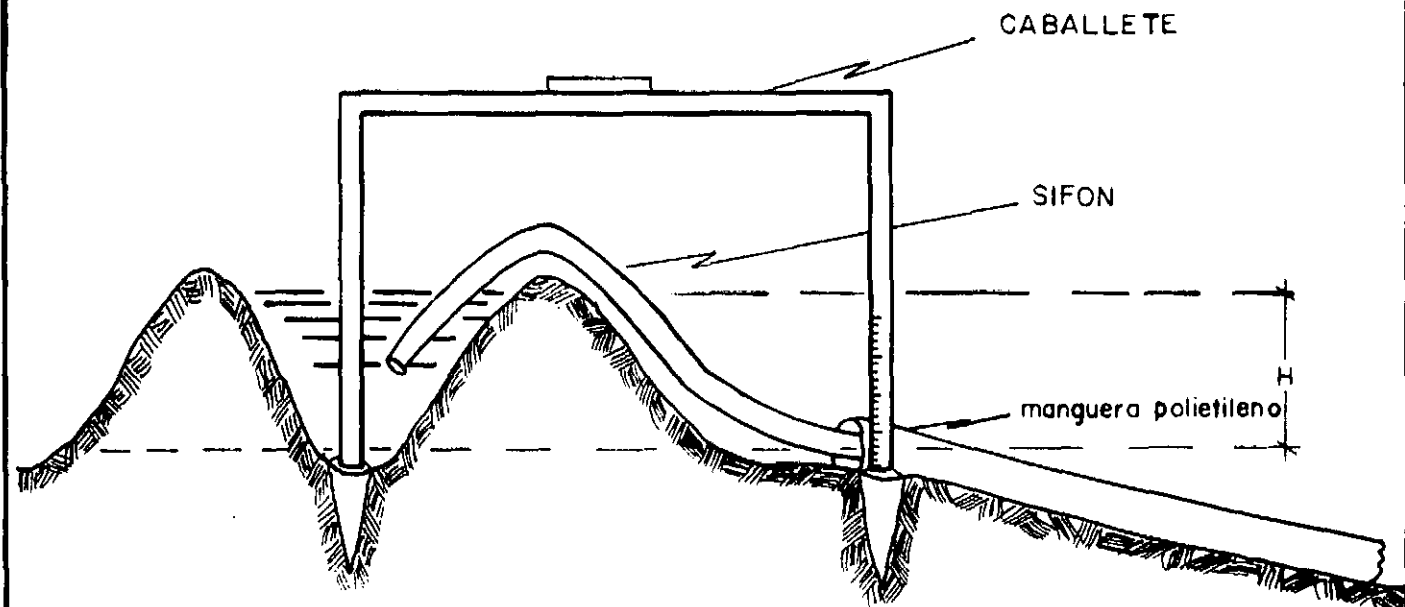


TABLA No.1

**TABLA DE TIEMPOS DE DESCARGA PARA LOS VOLUMENES
DE AGUA USANDO UN SIFON DE 2" DE DIAMETRO
VOLUMEN POR TRATAMIENTOS LTS/SURCOS**

h/cm.	Q(Lts/seg)	104.14 Minutos	207.90 Minutos	311.66 Minutos	415.80 Minutos
6	1.10	1.58	3.15	4.72	6.30
7	1.18	1.47	2.94	4.40	5.87
8	1.26	1.38	2.75	4.12	5.50
9	1.34	1.30	2.59	3.88	5.17
10	1.41	1.23	2.46	3.68	4.91
11	1.48	1.17	2.34	3.51	4.68
12	1.55	1.12	2.24	3.35	4.47
13	1.61	1.08	2.15	3.23	4.30
14	1.67	1.04	2.07	3.11	4.15
15	1.73	1.00	2.00	3.00	4.01

6.7.3 DETERMINACION DE LA HUMEDAD:

Se hicieron determinaciones del contenido de humedad del suelo entre riegos, para conocer el nivel de humedad al cual se realizaban las aplicaciones; control en el cual se utilizó el método gravimétrico, muestreando horas antes y 24 horas después de cada riego. Los muestreos se efectuaron siempre en las primeras horas de la mañana y en la parte central de cada parcela, por ser el punto más representativo para la humedad del suelo.

Las muestras se sacaron con el tubo Veihmeyer, tomando la muestra de la parte media. De un mismo punto se tomaron las muestras a las profundidades de 0-30, 30-60, 60-90 centímetros, éstas fueron pesadas en balanza analítica, luego secadas en un horno durante 24 horas a 110°C, y seguidamente pesadas para

saber el peso en base seca, obteniéndose por diferencia la humedad con respecto a suelo seco. Los resultados se muestran en el Cuadro No.10.

6.8 OBSERVACIONES DURANTE EL DESARROLLO DEL CULTIVO:

Se hicieron observaciones sobre uniformidad de la germinación, crecimiento vegetativo, grado de ataque de insectos y enfermedades, número de vainas por planta; lo que nos da un índice en el rendimiento.

La floración se inició el 4 de marzo, a los 38 días después de la germinación.

Se observó desde el principio una incidencia de la plaga tortuguilla, especialmente en el tratamiento de menor frecuencia; lo que puede atribuirse a que presentaba un ambiente más húmedo, un color más verde y suavidad de tejidos. También un pequeño ataque de la enfermedad conocida como antracnosis, dañando principalmente a los tratamientos más húmedos.

6.9 COSECHA:

La cosecha se hizo a los 89 días partiendo de la siembra y se efectuó el 19 de abril de 1976. Se utilizaron los surcos centrales de cada parcela, que en total fueron 5, con un área de 15 m²., considerada como área útil. En cada parcela se contaron el número de vainas, número de granos por vaina y peso de 100 granos.

CUADRO No.10

**PORCENTAJES DE HUMEDAD ANTES (ADR) Y DESPUES
(DDR) DE CADA RIEGO Y HUMEDAD CONSUMIDA
ENTRE CADA FRECUENCIA DE RIEGO POR
TRATAMIENTO**

TRAT.	FECHA	HUMEDAD					Profundidad cm.			
			0-30	30-60	60-90		0-30	30-60	60-90	
I.	26/1/76	ADR	28.76	29.03	26.90					
		DDR	35.96	33.70	32.23					
	30/1/76	ADR	34.87	31.72	30.12	DDR-ADR	1.09	0.9	1.98	2.11
		DDR	36.80	35.00	31.20					
	3/2/76	ADR	34.07	34.20	30.18	DDR-ADR	2.77	0.80	1.02	2
		DDR	36.47	35.20	36.26					
	7/2/76	ADR	34.20	33.10	35.49	DDR-ADR	2.27	2.10	0.77	
		DDR	36.31	34.07	35.51					
	11/2/76	ADR	36.20	32.00	33.51	DDR-ADR	0.11	2.07	2.00	0.9
		DDR	36.91	36.55	34.68					
	15/2/76	ADR	34.23	34.30	31.73	DDR-ADR	2.68	2.35	2.95	
		DDR	33.33	35.60	35.94					
	19/2/76	ADR	30.47	32.39	32.85	DDR-ADR	2.86	3.20	3.09	0.9
		DDR	36.91	36.44	34.91					
	23/2/76	ADR	35.80	35.04	34.00	DDR-ADR	1.11	1.40	0.91	
		DDR	36.91	36.91	34.88					
	27/2/76	ADR	31.86	33.93	31.95	DDR-ADR	5.05	2.98	2.93	0.9
		DDR	36.91	35.56	33.33					
	2/3/76	ADR	34.02	31.07	32.00	DDR-ADR	2.89	2.49	1.33	
		DDR	35.91	35.32	35.59					
	6/3/76	ADR	29.33	32.67	31.99	DDR-ADR	6.58	2.65	2.60	0.9
		DDR	36.34	36.91	35.26					
	10/3/76	ADR	29.27	34.00	32.53	DDR-ADR	7.07	2.91	2.73	0.9
		DDR	36.91	36.91	36.22					
	14/3/76	ADR	30.71	36.00	33.05	DDR-ADR	6.20	0.91	3.17	
		DDR	36.91	36.91	36.91					
	18/3/76	ADR	30.70	31.60	34.44	DDR-ADR	6.21	5.31	2.47	
		DDR	36.91	36.91	34.72					
	22/3/76	ADR	34.10	33.06	32.44	DDR-ADR	2.81	3.85	2.28	0.9
		DDR	36.91	36.91	36.91					
	26/3/76	ADR	30.56	33.20	34.28	DDR-ADR	6.35	3.71	2.63	
		DDR	35.42	34.99	36.26					

II	30/1/76	ADR	27.99	25.10	24.75			
		DDR	36.08	35.50	30.16			
	8/2/76	ADR	33.08	30.05	32.13	DDR-ADR	4.92	3.45
		DDR	36.15	36.00	34.65			0.00
	16/2/76	ADR	32.15	32.40	30.60	DDR-ADR	4.00	3.60
		DDR	36.91	36.01	31.51			4.05
	24/2/76	ADR	32.00	31.89	24.79	DDR-ADR	4.91	4.12
		DDR	34.97	34.78	34.28			6.72
	3/3/76	ADR	30.45	28.30	30.26	DDR-ADR	4.52	6.48
		DDR	34.54	36.16	36.64			4.02
	11/3/76	ADR	28.53	28.88	30.80	DDR-ADR	6.01	6.28
		DDR	36.91	35.99	34.91			5.84
	19/3/76	ADR	27.54	27.90	30.14	DDR-ADR	9.37	8.08
		DDR	36.91	36.91	31.57			4.77
	27/3/76	ADR	21.33	35.49	25.90	DDR-ADR	15.58	11.42
		DDR	36.25	31.31	30.89			5.67
III	3/2/76	ADR	20.99	21.05	23.02			
		DDR	36.52	36.10	36.43			
	15/2/76	ADR	28.39	39.66	33.00	DDR-ADR	8.13	6.44
		DDR	36.63	36.68	36.36			3.43
	28/2/76	ADR	26.18	26.02	30.02	DDR-ADR	10.45	8.66
		DDR	36.75	36.32	36.63			6.34
	10/3/76	ADR	25.46	26.45	27.45	DDR-ADR	11.29	9.87
		DDR	35.49	36.30	35.30			9.18
	22/3/76	ADR	24.40	25.14	25.23	DDR-ADR	11.09	11.16
		DDR	36.91	35.82	35.03			10.07
IV	7/2/76	ADR	26.67	26.03	30.42			
		DDR	36.80	36.86	35.90			
	23/2/76	ADR	26.47	25.74	30.00	DDR-ADR	10.47	11.12
		DDR	36.89	36.86	36.05			5.90
	10/3/76	ADR	22.78	24.80	29.05	DDR-ADR	13.11	12.06
		DDR	36.91	36.80	36.75			7.00
	26/3/76	ADR	20.77	21.82	26.38	DDR-ADR	16.14	13.59
		DDR	34.88	31.36	30.55			10.37

7. RESULTADOS

7.1 CRECIMIENTO DE LAS PLANTAS Y OTRAS OBSERVACIONES SOBRE EL CULTIVO.

Se estableció un registro de crecimiento de las plantas, para tener un parámetro de comparación cuantitativo, de los efectos de los tratamientos. Los registros se efectuaron seleccionando al azar cinco plantas por repetición y los resultados promedios se muestran en cuadro No.11.

CUADRO No.11
CONTROL DE CRECIMIENTOS DE LA PLANTACION EN Cm.
Y CANTIDAD DE VAINAS POR TRATAMIENTO

TRATAMIENTOS	LECTURAS DEL CRECIMIENTO			NUMERO DE VAINAS
	a 40 días	a 60 días	a 80 días	
I	20	31	33	23
II	22	32	33	22
III	27	40	44	27
IV	24	39	42	21

Las plantas de los tratamientos III y IV, donde mayor fue el intervalo de riego, se desarrollaron más en altura, efectuándose las lecturas del crecimiento de las plantas, a los 40-60-80 días respectivamente, Cuadro No.11. Además las plantas que fueron regadas cada 4 y 8 días, tratamientos I y II, tuvieron mayor incidencia de antracnosis en el follaje.

En términos generales los resultados del programa fitosanitario del cultivo fue satisfactorio, ya que el control de los insectos se realizó con frecuencia de cada 8 días, permitiendo un buen crecimiento de la plantación.

Como una observación en las etapas de desarrollo de la plantación tenemos que en los tratamientos III y IV la floración se adelantó 5 días.

7.2 RIEGOS

En el cuadro No.6 figuran las fechas de riego y las cantidades de agua aplicadas por tratamiento.

Se dieron dos riegos uniformes; el número de riegos diferenciados varió con el intervalo y fueron 16, 8, 5 y 4 correspondientes a los intervalos 4, 8, 12 y 16 respectivamente.

La cantidad de agua aplicada total fue la misma en todos los tratamientos (cuadro No.6), no así en la aplicada en cada riego, la cual varió en relación a la frecuencia, siendo mayor en las mas prolongadas.

7.3 VARIACION DE LA HUMEDAD DEL SUELO:

En el cuadro No.10, podemos ver los datos de humedad del suelo, en donde cada cifra es un promedio de 4 porcentajes obtenidos cada uno de una parcela. En las gráficas No.5 y 6 se puede apreciar, que en todos los tratamientos, los cambios mayores de humedad entre riego, ocurrieron en los primeros 60cm. de profundidad del suelo. Se puede observar también que a esta profundidad, los niveles de humedad mínima a que ha descendido en el suelo, antes de cada riego, han sido menores en los intervalos de períodos más largos.

Como las mayores variaciones ocurrieron en la zona del suelo de 0-30 y 30-60cm., un porcentaje elevado de las raíces se han desarrollado en la profundidad 0-60cm. Los niveles de humedad en los primeros 60cms. al momento del riego, están en relación con los intervalos de riego y cantidades de agua que se aplica en cada tratamiento, indicando que el nivel de humedad del suelo al momento de riego, tiene influencia sobre el rendimiento de los mismos.

Se hace ver que el numero de riegos depende no solo de intervalos de riego, sino del período del cultivo; de donde los tratamientos III y IV sólo varían en un riego.

7.4 EVAPOTRANSPIRACION:

Para calcular la evapotranspiración real, se procedió a multiplicar las diferencias de porcentajes de retención de humedad obtenidas en cuadro No.10, por la densidad aparente y estratos de suelo obtenidos 0-30, 30-60, 60-90, dividido entre 100 cms.

$$et = \frac{(hddr - hadr) da d}{100 \text{ cm.}}$$

et	=	evapotranspiración real
hddr	=	o/o de humedad después del riego
hadr	=	o/o de humedad antes del riego
da	=	densidad aparente
d	=	profundidad de raíz: a cada 30 cm.

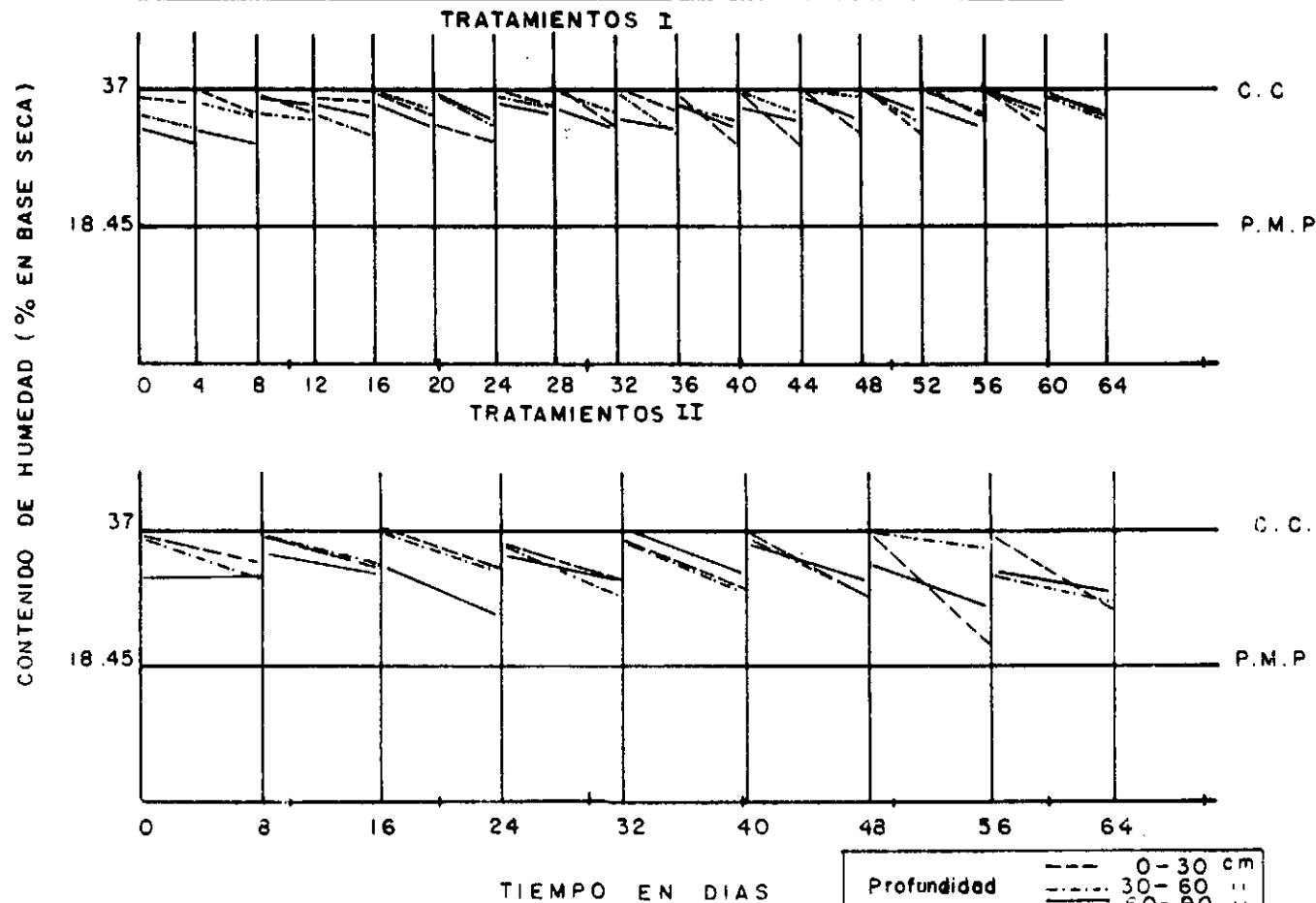
Es de hacer notar que en el cuadro No.10 se hicieron correcciones en algunos datos, principalmente en el tratamiento No.1; sobre los porcentajes que están precedidos por las letras DDR, "Después de Riego". Dicha corrección consistió en calcular proporcionalmente el porcentaje de humedad del suelo, después de efectuado cada riego, pues las muestras fueron tomadas 24 horas después del mismo. Al efectuar las correcciones, se llevaron todos los porcentajes que sobrepasaron el valor de capacidad de campo, al valor de la misma, que es de 36.91 o/o, porque arriba de los porcentajes a capacidad de campo, se consideró como agua gravitacional, la cual ya no es aprovechada por el cultivo.

Se puede notar en el cuadro No.10 que los porcentajes de humedad a que se encuentra el suelo, antes del riego, disminuyen a medida que el intervalo de riego aumenta.

En gráficas No.5 y 6 se presentan los datos de humedad del suelo durante el desarrollo vegetativo del cultivo de frijol, en los 4 tratamientos del experimento.

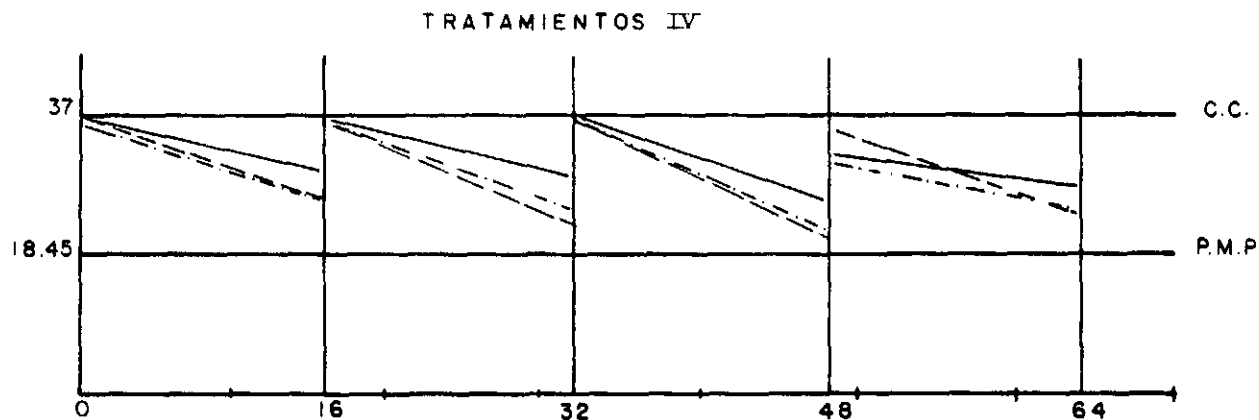
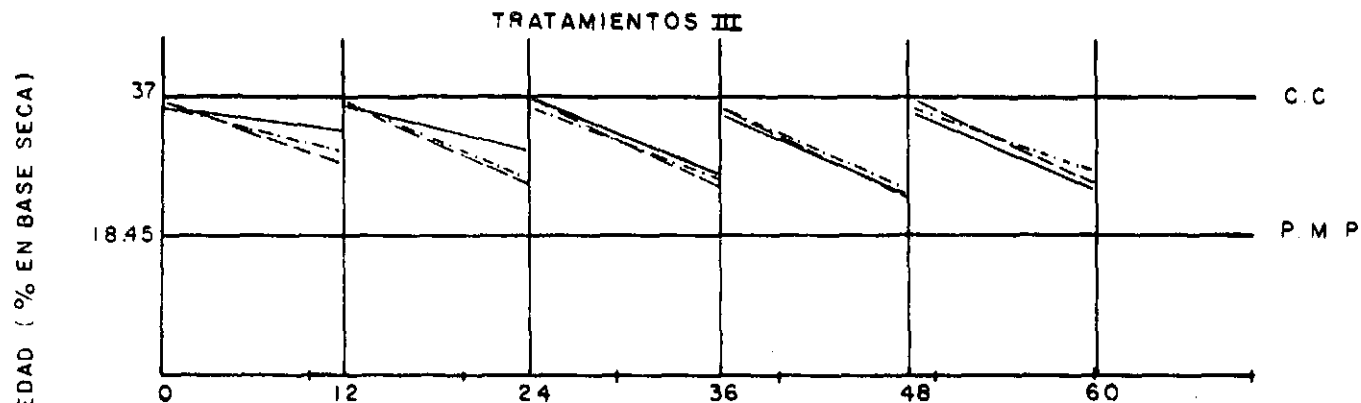
VARIACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD EN EL SUELO

GRAFICA. Nº 5.



VARIACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD EN EL SUELO

GRAFICA Nº 6.



TIEMPO EN DIAS

Profundidad

- 0-30 cm
- .-.- 30-60 "
- 60-90 "

Dibujo: Baldemar Portillo

CUADRO No.12
AGUA CONSUMIDA/DEL SUELO

TRAT	Tiempo	ET PARCIAL PROFUNDIDAD EN CM			ET TOTAL CM	ET AC CM	ETD CM
		0-30	30-60	60-90	0-90	0-90	
I	0-4	0.3366	0.5911	0.6640	1.5917	1.5917	0.3979
	4-8	0.8965	0.2388	0.3210	1.4563	3.0480	0.3810
	8-12	0.7346	0.3284	0.2324	1.3053	4.3533	0.3628
	12-16	0.0356	0.6180	0.9063	1.5599	5.9132	0.3636
	16-20	0.1910	0.7015	0.6080	2.5005	8.4137	0.4207
	20-24	0.2493	0.9583	0.9724	2.1800	10.5737	0.4414
	24-28	0.3592	0.4179	0.2864	1.0635	11.6572	0.4163
	28-32	1.6247	0.8896	0.9227	3.4364	15.0936	0.4717
	32-36	0.9353	0.7433	0.4186	2.0972	17.1908	0.4775
	36-40	2.1296	0.7911	0.8182	3.7389	20.9297	0.5232
	40-44	2.2881	0.8687	0.8579	4.0159	24.9456	0.5669
	44-48	2.0066	0.2717	0.9976	3.2759	28.2215	0.5879
	48-52	2.0098	1.5852	0.7773	4.3723	32.5838	0.6268
	52-56	0.9094	1.1493	0.7175	2.7762	35.3700	0.6316
	56-60	2.0551	1.1075	0.8277	3.9903	39.3603	0.6560
TOTALES		17.7614	11.2606	10.3385	39.3603		
II	0-8	1.5923	1.0299	0.0000	2.6222	2.6222	0.3278
	8-16	1.2946	1.0747	1.2745	3.6438	6.2660	0.3916
	16-24	1.5891	1.2299	2.0061	4.8251	11.0911	0.4621
	24-32	1.4629	1.9345	1.2651	4.6625	15.7536	0.4923
	32-40	1.9451	1.8748	1.8378	5.6577	21.4113	0.5353
	40-48	3.0325	2.4151	1.5011	6.9487	28.3600	0.5908
	48-56	5.0423	3.4092	1.7843	10.2358	38.5958	0.6892
TOTALES		15.9588	12.9681	9.6689	38.5958		
III	0-12	2.6312	1.9225	1.0794	5.6331	5.6331	0.4694
	12-24	3.3820	2.5853	1.9925	7.9625	13.5956	0.5665
	24-36	3.6539	2.9465	2.8889	9.4893	23.0849	0.6412
	36-48	3.5892	3.3316	3.1690	10.0898	33.1747	0.6911
TOTALES		13.2563	10.7859	9.1325	33.1747		

IV	0-16	3 3885	4 3197	1 8567	8 5649	8 5649	0 5353
	16-32	4 2429	4 7953	2029	10 2411	18 8060	0 5877
	32-48	5 2235	4 8809	4 3910	12 4954	31 3014	0 6001
TOTALES		12 8549	10 9959	7 4506	31 3014		

CUADRO No.13

EFICIENCIA DE AGUA CONSUMIDA EN RELACION A LA APLICADA

Tratamiento	Lámina	Lámina	Eficiencia de Consumo o/o
	Almacenada (cm)	Consumida (cm)	
I	43 20	39 3603	93 27
II	43 20	38 5658	85 34
III	43 20	33 1747	76 79
IV	43 20	31 3014	72 46

Los valores de evapotranspiración promedio mayores, coincidieron con el período de cultivo, comprendido entre los 40 y 70 días, en el cual se cumple el proceso floración-fructificación, siendo el más crítico para el cultivo.

7.4 EFICIENCIA DE CONSUMO DE AGUA POR LA PLANTA

“El agua consumida, llamada a veces agua de evapotranspiración, incluye el agua aprovechada por la transpiración de la planta y en su desarrollo así como la que se evapora del suelo” (Relación S-P-A).

En el cuadro No.6 se detallan las láminas de agua que se aplicaron al cultivo y en el No.12 las láminas consumidas que al relacionarlas se obtienen los porcentajes del agua consumida (Cuadro No.13), correspondiente a los tratamientos que recibieron una lámina neta por riego de 2.70, 5.39, 8.08 y 10.78 cm. respectivamente, totalizando 43.20cm. por cada tratamiento.

Para hacer una mejor interpretación de los datos de humedad del suelo, se elaboró el Cuadro No.14, el cual contiene los promedios de los porcentajes de humedad del suelo en base seca, antes de efectuar cada riego por tratamiento, en donde se puede observar, que van disminuyendo los porcentajes de humedad aprovechable, a medida que disminuye la frecuencia de riego. En el tratamiento I el promedio de los porcentajes es de 76.82o/o; para el tratamiento II es de 55.65o/o; para el tratamiento III es de 43.80o/o; y, para el tratamiento IV es de 40.43o/o.

En la gráfica No.7, podemos observar la relación que existe entre los niveles medios de humedad aprovechable, antes del riego y el rendimiento del cultivo en quintales/Ha.

En el cuadro No.15, se observa por cada estrato de riego, las láminas totales en Cm, así como también, la distribución porcentual del agua dentro del perfil, datos que coinciden con los estudios de Israelsen y otros (7) que dicen, que el 40o/o de agua

CUADRO No.14

**PORCENTAJES DE HUMEDAD ANTES DEL RIEGO Y HUMEDAD
APROVECHABLE, POR TRATAMIENTO Y ESTRATO**

Tratamiento	Profundidad Cms.	o/o humedad ADR en b s	o/o H apro- vechable
I	0-30	32.45	75.88
	30-60	34.08	79.30
	60-90	32.34	75.28
II	0-30	29.13	57.89
	30-60	28.75	55.83
	60-90	28.65	55.28
III	0-30	25.68	39.79
	30-60	26.06	41.25
	60-90	27.74	50.35
IV	0-30	24.17	31.00
	30-60	24.60	33.33
	60-90	28.96	56.96

CUADRO No.15

**EVAPOTRANSPIRACIONES TOTALES POR CADA 30 Cm.
Y SU DISTRIBUCION PORCENTUAL EN CADA TRATAMIENTO**

TRATAMIENTO	ESTRATOS	ET ET	o/o	
I	0-30			
	10-30	17.7614	45.1252	
	30-60	11.2604	28.6085	
	60-90	10.3385	26.2663	
TOTAL	0-90	39.3603	100.	
II	0-30	15.9588	41.3485	
	30-60	12.9681	33.5998	
	60-90	9.6689	25.0517	
	TOTAL	0-90	38.5958	100.
III	0-30	13.8563	39.9591	
	30-60	10.7859	32.5124	
	60-90	9.1325	27.5285	
	TOTAL	0-90	33.1747	100.
IV	0-30	12.8549	41.8549	
	30-60	10.9959	35.1291	
	60-90	7.4506	23.8028	
	TOTAL	0-90	31.3014	100.

es consumida generalmente, en la primera cuarta parte de las raíces de los cultivos, y analizando los datos referidos vemos que en todos los tratamientos del experimento, el consumo de agua en el estrato de 0-30 varía de 39.96o/o a 45.13o/o. Las diferencias en porcentajes, probablemente se deben a esfuerzos de las raíces de profundizar en el suelo, para absorber la humedad que se encuentra a mayor profundidad, lo cual a la vez provoca en las plantas, mayor producción. (Gráfica No.7).

7.5 RENDIMIENTO DEL CULTIVO:

A los 88 días después de la siembra y a 14 días de haberse suspendido el último riego uniforme, se efectuó el arranque de las plantas en las parcelas, dejándolas para lograr parte del secamiento, 5 días al sol, conforme las prácticas tradicionales de la región.

La cosecha fue realizada en los 5 surcos por parcela como se estableció en el diseño experimental. Los resultados se muestran en el cuadro No.16, donde se dan los pesos por parcela de grano al 12o/o de humedad y la estimación del rendimiento por hectárea.

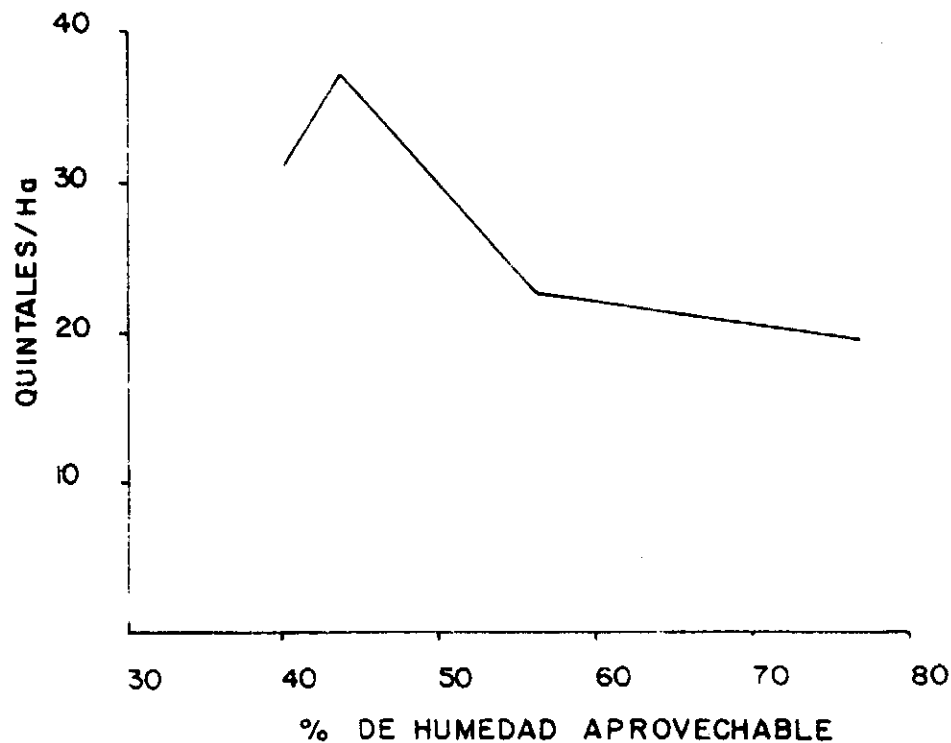
El mayor peso de los granos se consiguió en los intervalos intermedios, tratamientos II y III, tendiendo a bajar en el intervalo mayor, tratamiento IV y siendo el menor del Tratamiento I

7.6 ANALISIS ESTADISTICO:

El análisis estadístico se efectuó sobre el diseño experimental de bloques al azar, con el modelo estadístico siguiente:

$$y_{ij} = u + b_{ij} + t_{ij} + e_{ij} -$$

GRAFICA No.7
RELACION ENTRE NIVELES MEDIOS DE HUMEDAD
APROVECHABLE ANTES DEL RIEGO, Y RENDIMIENTO



CUADRO No.16

RENDIMIENTO EN Kg. POR PARCELA EXPERIMENTAL
Y Kg. POR HECTAREA

PARCELA	Kg/PARCELA	Kg/Ha.	qq/Ha.
A I	0.85	567	12.47
A II	1.50	1002	22.04
A III	1.84	1228	27.02
A IV	1.13	736	16.63
B I	1.42	945	20.79
B II	1.70	1134	24.95
B III	2.84	1360	29.92
B IV	1.05	699	15.38
C I	2.30	1531	33.68
C II	2.61	1738	38.24
C III	2.61	1738	38.24
C IV	2.64	1758	38.68
D I	2.84	1890	41.58
D II	2.04	1360	29.92
D III	1.84	1228	27.02
D IV	1.79	1191	26.20

CUADRO No.17
RENDIMIENTO DEL FRIJOL EN GRANO AL
12o/o DE HUMEDAD Kg/Ha.

Tratamientos	REPETICIONES				Total	X
	1	2	3	4		
I	567	1228	1002	756	3553	888.25
II	1360	945	699	1134	4138	1034.50
III	1730	1531	1738	1758	6757	1689.25
IV	1191	1228	1360	1890	5669	1417.25
TOTAL	4848	4932	4799	5538	20117	—

CUADRO No.18
ANALISIS DE VARIACION DEL RENDIMIENTO
DE FRIJOL EN Kg/Ha.

Fv	GL	SC	CM	Fc	Fto.05
BLOQUES	3	88537	29512	0.36	
TRATAMIENTOS	3	1592010	530670	6.41	3.86(*)
ERROR	9	744526	82725		
TOTAL	15	2425073	161672		

(*) Diferencia significativa.

Los resultados obtenidos fueron dados en rendimiento de Kgs/Ha. y ordenados de tal manera como lo muestra el cuadro No.17 en el cual podemos observar que el mayor rendimiento medio obtenido fue el tratamiento III 1689.25 Kgs/Ha. equivalente a 37.16 quintales por Ha., donde se aplicó el riego con intervalo de 12 días, y en el más corto, tratamiento I, cada 4 días, el rendimiento disminuyó notablemente siendo de 888.25 Kgs/Ha, equivalente a 19.54 quintales por hectárea.

Los resultados del análisis de variación se presentan en el cuadro No.18, del cual podemos deducir que hubo diferencia significativa entre tratamientos.

Para poder hacer la evaluación de esta diferencia entre tratamientos, se efectuaron comparaciones múltiples entre medias, formándose dos grupos: El 1er. grupo formado por los tratamientos III y IV con los más altos rendimientos.

El 2do. grupo formado por los tratamientos II y I, con menores rendimientos, sin embargo los tratamientos I y II no difieren del tratamiento IV como lo demuestra el cuadro No.19.

CUADRO No.19

RANGO	TRATAM.	MEDIAS
1	III	1689.25
2	IV	1417.25
3	II	1034.50
4	I	888.25

Comparaciones múltiples entre medias.

8. DISCUSION DE RESULTADOS

8.1 CRECIMIENTO DE LAS PLANTAS

Las condiciones de menor grado de humedad ambiental dentro de la parcela, en los tratamientos de mayor intervalo, favoreció que se presentara menor incidencia de enfermedades, lo cual redundó en un mejor desarrollo del cultivo.

El buen control ejercido sobre el ataque de insectos, dió como resultado un cultivo en buen estado, por lo que nos permite confiar en los resultados obtenidos de cada tratamiento.

La cantidad de vainas obtenidas por tratamiento no nos presenta ninguna diferencia significativa, pero sí la hubo, en cuanto a rendimiento de grano.

8.2 DE LA LAMINA E INTERVALOS APLICADOS

La lámina total aplicada en los tratamientos fue la misma, cuadro No.6, pero la aplicada por riego en cada tratamiento es distinta siendo 104.14 Lts/surco para el tratamiento I; 207.90 Lts/surco para el II; 311.66 Lts/surco para el III; y, 415.80 Lts/surco para el IV. No hubo ninguna pérdida de agua por escorrentía puesto que los surcos estaban cerrados en sus extremos, y la cantidad de agua aplicada a las parcelas, fueron cantidades netas.

Las cantidades de agua aplicadas en cada riego diferenciado fueron mayores, conforme los intervalos de riego se hacen más prolongados; podemos decir entonces que los resultados obtenidos son debidos a la diferencia de intervalos de riego y a la cantidad de agua aplicada.

8.3 NIVELES DE HUMEDAD DEL SUELO

Las mayores fluctuaciones en los niveles de humedad entre riegos, se encuentran en las zonas de 0-30 y 30-60 cm.,

indicándonos que la mayor parte de las raíces se desarrollan a la profundidad de 0-60 cm. Los niveles de humedad del suelo al momento del riego en los tratamientos, han estado relacionados con la profundidad de 0-60 cm, el intervalo y la cantidad de agua aplicada en cada riego, en donde el nivel de humedad en que se encuentra el suelo al momento del riego tiene influencia en el cultivo y rendimiento.

El mayor crecimiento de las plantas fue en el tratamiento número III, resultando que hay una mayor superficie de transpiración, pero esto no ha incidido en que el nivel de humedad, sea menor que en los tratamientos II y IV, no así al tratamiento I que recibió riegos con frecuencia de 4 días.

8.4 EFICIENCIA DE CONSUMO

La eficiencia de consumo de agua en el suelo, fue mayor en los tratamientos I y II, como puede observarse en el cuadro No.13, 93.27o/o y 89.34o/o respectivamente; para los tratamientos III y IV fue de 76.79o/o y 72.46o/o respectivamente.

Esto indicaría que la eficiencia de consumo disminuye a medida que el intervalo de riego se hace cada vez mayor.

8.5 CONSUMO DE AGUA POR EVAPOTRANSPIRACION

Analizando los resultados del cuadro No.16, los mejores rendimientos en promedio se obtuvieron en el tratamiento III, el cual fue sometido a un intervalo de riego de 12 días, el que tiene un valor intermedio de los estudiados por otros investigadores. Considerándose como factor de influencia a las variaciones de clima local que efectuó su influencia sobre tratamientos.

8.6 RENDIMIENTOS DEL CULTIVO

Los resultados experimentales han indicado que los tratamientos III y IV, son los que respondieron en mejor forma a los parámetros del rendimiento de grano, como lo son

crecimiento de la planta, número de vainas por planta, granos por vaina, peso de grano.

En este experimento, se ha encontrado que el mayor crecimiento ha favorecido el rendimiento del grano, y nos demuestra que para un mismo intervalo de riego, la cantidad de agua aplicada influye directamente en todas las etapas de crecimiento de la planta, hasta la madurez de las vainas. Los rendimientos son considerados buenos si se toma en cuenta que no se hicieron aplicaciones de fertilizantes, sino que únicamente se aprovechó el residuo de la abundante fertilización del cultivo establecido anteriormente.

CONCLUSIONES

1. El análisis de variancia demostró que hay diferencia significativa entre los rendimientos obtenidos, para los diferentes tratamientos del presente estudio.
2. De los tratamientos evaluados, el III, produjo estadísticamente, los mejores rendimientos, aplicando una lámina por riego de 8.08 cm. cada 12 días.
3. En los tratamientos I y II en los cuales el cultivo se desarrolló en un ambiente con mayor humedad, fueron atacados por la enfermedad conocida como antracnosis; no así los tratamientos III y IV que presentaron un buen estado fitosanitario, incidiendo en los resultados obtenidos.
4. De acuerdo a los datos obtenidos, el nivel mínimo de humedad aprovechable en el suelo para el mejor desarrollo y producción del cultivo del frijol en la Unidad de Riego San Jerónimo se encuentra entre 39.79o/o y 50.35o/o.
5. Se obtuvo una demanda neta de riego para el cultivo de 432 mm. en su período de desarrollo.
6. Los rendimientos medios obtenidos, variaron entre 1,689.25 Kg/ha (37.16 quintales/ha), para el tratamiento III, regado cada 12 días, y 888.25 Kg/ha (19.54 quintales/ha), para el tratamiento I, regado cada 4 días.

RECOMENDACIONES

Las recomendaciones dadas, son válidas para las condiciones en que fue realizado el presente experimento.

1. Efectuar riegos con frecuencia de 12 días, aplicando una lámina por riego de 8.08 cm. durante el desarrollo del cultivo.
2. Efectuar experimentos para investigar la influencia del intervalo de riego, en relación con diferentes cantidades totales de agua aplicados al cultivo, para ver su influencia sobre el rendimiento.
3. De acuerdo a las condiciones limitantes que existen con el recurso agua dentro de la zona de riego, se puede continuar utilizando la frecuencia de 16 días, con los cuales se obtienen rendimientos aceptables.

BIBLIOGRAFIA

1. CORONADO R, MARIA EUGENIA. Estudio agrológico semidetallado de suelos para fines de riego, del Valle Salamá. Guatemala, Universidad de San Carlos, Facultad de Agronomía, 1976. 90 páginas. (Tesis Ing. Agr.).
2. ESTADOS UNIDOS, SERVICIO DE CONSERVACION DE SUELOS, Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de América. Relación entre Suelo-Planta-Agua. Tomo I México, Editorial Diana, 1973. 99 páginas.
3. GRASSI, CARLOS J. Operación y conservación de sistemas de riego. Mérida, Venezuela, CIDIAT. 1976. Páginas 53-60.
4. ————. Estimación de los usos consuntivos de agua y requerimientos de riego con fines de formulación y diseño de proyectos. Mérida, Venezuela, CIDIAT, 1975. Páginas 55-72.
5. GUATEMALA, MINISTERIO DE AGRICULTURA. Proyecto de riego San Jerónimo, Salamá Guatemala, Dirección de Recursos Naturales Renovables, División de Recursos Hidráulicos, 1964. 63 páginas.
6. GUNDERSEN LOPEZ, W. Riego y manejo del agua. Guatemala, Ministerio de Agricultura, Dirección de Enseñanza y Capacitación Agrícola, 1975. 221 páginas. (Curso sobre Riego en Guatemala).
7. ISRAELSEN, O.W. y HANSEN, V.E. Principio y aplicaciones del riego. 2a. Edición. México Editorial Reverté, 1965. 344 páginas.
8. MERIDA, VENEZUELA, CIDIAT. Investigaciones sobre niveles de humedad y régimen de riego; metodología

experimental. Mérida, Venezuela, VI Seminario Latinoamericano de Irrigación y Drenaje, 1971. 17 páginas.

9. MILLER, RAYMOND W. Estudio de Riego-Fertilidad con Caraota. Mérida, Venezuela; Centro Interamericano de Desarrollo Integral de los Recursos de Agua y Tierra, 1971. 70 páginas.
10. MINERA BARILLAS, ALBERTO ARTURO. Comparación de métodos para pronosticar evapotranspiración en Guatemala. Guatemala, Universidad de San Carlos, Facultad de Agronomía. 1974. 88 páginas. (Tesis Ing. Agr.)
11. MOLINA, L. CESAR A. Frijol, como aumentar sus rendimientos en Guatemala. Guatemala, DIGESA, Dirección de Investigación Agrícola. 1972. 59 páginas.
12. RAMIREZ DE LOS SANTOS, B. Influencia del intervalo de riego y la cantidad de agua aplicada sobre el rendimiento del frijol Panamito mejorado. Lima, Perú, Universidad Agraria, La Molina, 1972. (Tesis Ing. Agr.).
13. ROBINS, J.S. y HOWE, O.W. Riego de frijoles enhiestos. México, Centro Regional de Ayuda Técnica Agencia para el Desarrollo Internacional AID. 1968. Páginas 1-6.
14. VENEGAS, JUAN JOSE. Riego y fertilidad en Caraota (*Phaseolus Vulgaris* L), Sistema de Rieg Cojedes-Sarate, Guanare, MOP. Venezuela, Dirección General de Recursos Hidráulicos, 1974. 37 páginas.