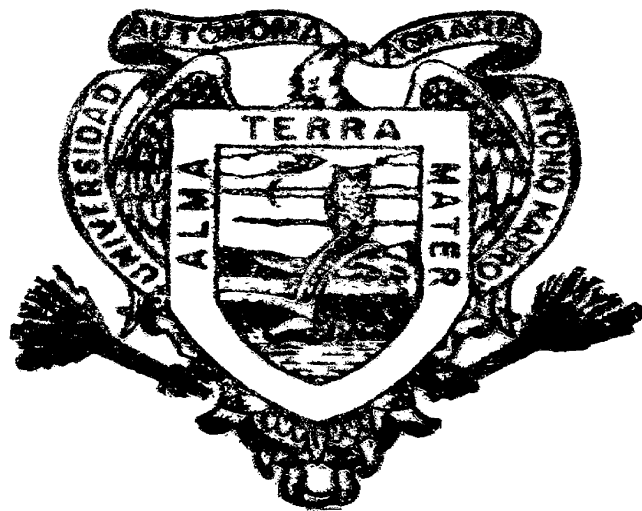


**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA**

**"ANTONIO NARRO"**

**PROGRAMA DE GRADUADOS**



**EFFECTO DE DOS MEJORADORES DEL SUELO Y TRES  
PROGRAMAS DE RIEGO SOBRE EL DESARROLLO  
DEL CULTIVO DE PAPA (Solanum tuberosum L.)**

**POR**

**JAVIER SANTIAGO SILVEIRA MEDINA**

**T E S I S**

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL  
PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRO EN  
CIENCIAS ESPECIALIDAD DE SUELOS**

**BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA, MEXICO  
JUNIO DE 1984**

TESIS ELABORADA BAJO LA SUPERVISION DEL COMITE PARTICULAR  
DE ASESORIA Y APROBADA COMO REQUISITO PARCIAL, PARA OPTAR  
AL GRADO DE :

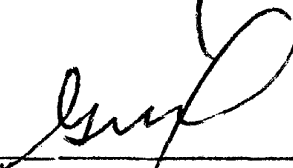
MAESTRO EN CIENCIAS ESPECIALIDAD DE SUELOS

COMITE PARTICULAR

ASESOR PRINCIPAL:

  
DR. EDUARDO ALBERTO NARRO FARÍAS.

ASESOR:

  
DR. GABRIEL MURILLO FERALTA

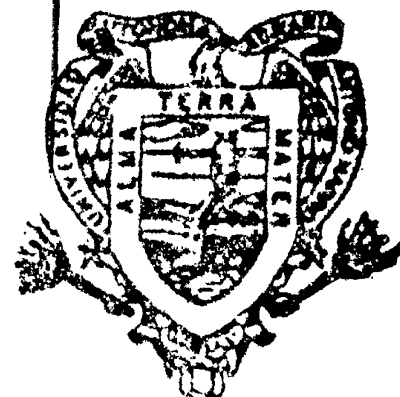
ASESOR:

  
ING. M.C. JUAN JOSE ROJAS RANGEL.

SUBDIRECTOR DE POSTGRADO:

  
DR. JESUS TORRALBA ELGUEZABAL.

BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA.



BIBLIOTECA  
EGIDIO G. REBONATO  
BANCO DE TESIS  
U.A.A.A.N.

## AGRADECIMIENTOS.

Al DR. EDUARDO A. NARRO FARIAS, por su valiosa asistencia técnico-científica y gran ayuda recibida durante todo el desarrollo, preparación y presentación del presente trabajo.

Al DR. GABRIEL MURILLO PERALTA y al ING. M.C. JUAN JOSE ROJAS RANGEL, por la asesoría y colaboración en la revisión del presente trabajo.

Al ING. REGINO MORONES REZA y LIC. EMILIO PADRON CORRAL, por su gran ayuda y asesoramiento en el análisis estadístico.

Al DR. ARMANDO CAMPOS VELA, por las facilidades prestadas para llevar a cabo el experimento en el rancho "El Aguatoche".

A los INGS. ANTONIO ILIZALITURRI VERASTEGUI, JUAN MANUEL CEPEDA DOVALA Y EDMUNDO PEÑA CERVANTES, por la gran ayuda prestada durante todo el desarrollo del experimento.

Al CONACYT, por haberme proporcionado la beca con la que fué posible realizar mis estudios de postgrado.

A la UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO", y en especial al DEPARTAMENTO DE SUELOS, por abrirme las puertas al conocimiento de la Ciencia del Suelo.

A la SRITA, MARIA LILIA GARCIA D., por su paciencia y excelente realización mecanográfica.

A todos aquellas personas que de una forma u otra hicieron posible la realización de esta tesis.

## DEDICATORIA.

## A MI ESPOSA:

Q.F.B. BEATRIZ MARTHA NADER, por su inmenso amor, ayuda y abnegación brindada en todo momento, y a mi hija -- ERIKA BERENICE, que son la razón de mi vida.

## A MIS PADRES:

ALFONSO SILVEYRA TERRAZAS y MARIA -- GUADALUPE MEDINA DE S., quienes me dierón la vida y que con sus valiosos consejos e incomparable ayuda, supieron guiarme por la senda del bien, el saber y la verdad.

## A MIS HERMANOS:

MARIA GUADALUPE, DR. ANGEL ALFONSO, -- Q.F.B. SARA, Q.F.B. IVONNE, ARQ. EFREN, DR. SERGIO ANTONIO, ALMA ROSA, ING. -- MIGUEL ANGEL, LAURA INES y JESUS EDUARDO, por el apoyo que siempre me han brindado.

## A MIS AHIJADOS:

JAIR JAVIER y ZAMIRA LORIS, a quienes siempre les brindare todo mi apoyo.

## A MIS SUEGROS:

ANTONIO NADER TORBAY ( † ), a quien -- siempre recordare con respeto y admiración, y BEATRIZ MARTHA ALCALA DE N., -- con el cariño y respeto de siempre.

A MI ABUELITA:

MANUELITA VALDES Vda. DE A., con profundo amor y agradecimiento eterno.

A MI CUÑADO:

LUIS MARTIN NADER ALCALA, con cariño y agradecimiento.

A MIS SOBRINOS:

A MIS CUÑADOS:

A MIS AMIGOS:

	Pág.
AGRADECIMIENTOS.	i
DEDICATORIA	ii
INDICE DE CUADROS.	vii
INDICE DE FIGURAS.	xi
I. RESUMEN.	1
II. INTRODUCCION.	5
III. REVISION DE LITERATURA.	9
A. El cultivo de la papa.	9
1. Generalidades del cultivo de la papa.	9
1.1. Origen geográfico e historia.	9
1.2. Origen Citogenético.	10
1.3. Clasificación Taxonómica.	11
1.4. Descripción Botánica.	12
1.5. Calidad del tubérculo.	14
1.6. Requerimientos de nutrientes.	15
2. Condiciones ecológicas y edáficas.	17
2.1. Temperatura.	17
2.2. Fotoperíodo.	17
2.3. Latitud.	18
2.4. Altitud.	18
2.5. Suelos.	19
3. Prácticas de cultivo.	20
3.1. Preparación del suelo.	20
3.2. Epoca de siembra.	21

	Pág.
3.3. Densidades de siembra.	22
3.4. Métodos de siembra.	23
3.5. Métodos de cosecha.	23
3.6. Plagas y su control.	23
3.7. Enfermedades y su control.	26
4. Requerimientos de agua.	28
B. Mejoradores del suelo.	33
1. Mineral expandible (Vermiculita)	34
2. Mineral acidificante (Azufre)	35
IV. MATERIALES Y METODOS.	37
1. Localización del sitio experimental.	37
2. Características y descripción del sitio experimental.	37
2.1. Antecedentes.	37
2.2. Suelos.	39
2.3. Clima.	40
2.4. Agua.	43
3. Descripción de tratamientos y diseño experimental.	47
4. Labores culturales.	52
4.1. Preparación del terreno.	52
4.2. Fertilización.	53
4.3. Siembra.	53
4.4. Control de plagas, enfermedades y malezas.	54
4.5. Cosecha.	55

	Pág.
5. Evaluación de los tratamientos.	55
5.1. Contenido de humedad.	55
5.2. Crecimiento vegetal.	56
5.3. Producción de materia seca.	56
5.4. Producción y calidad de tubérculo.	56
V. RESULTADOS Y DISCUSION.	58
1. Compendio cronológico del desarrollo del experimento.	58
2. Contenido de humedad del suelo y consumo de agua por las plantas.	58
3. Efecto sobre altura de plantas.	68
4. Producción de materia seca.	70
5. Producción y calidad del tubérculo.	70
6. Eficiencia en el uso del agua.	90
7. Análisis económico.	92
VI. CONCLUSIONES.	96
VII BIBLIOGRAFIA.	98



## INDICE DE CUADROS.

CUADRO		Pág.
1	Características físicas y químicas del suelo donde fué establecido el experimento, lote No. 2 del rancho "El Aguatoche", Saltillo, Coahuila. Ciclo Primavera-Verano, 1983.	41
2	Registros Climatológicos promedio de la estación meteorológica ubicada en el rancho "Los Angeles", Saltillo, Coahuila, hasta el año de 1982.	44
3	Registro climatológico promedio de la estación meteorológica ubicada en el rancho "Los Angeles", Saltillo, Coahuila, durante el ciclo del cultivo de papa en 1983.	45
4	Registro de la precipitación pluvial tomados en el sitio experimental, durante el ciclo del cultivo. Rancho "El Aguatoche", Saltillo, Coahuila, 1983.	46
5	Calendarización en la aplicación de los riegos en el experimento del cultivo de papa. Rancho "El Aguatoche", Saltillo, Coahuila. Ciclo Primavera-Verano, 1983.	48
6	Descripción de tratamientos establecidos mediante la combinación 3x2x2 factorial, en el experimento del cultivo de papa. Rancho "El Aguatoche", Saltillo, Coahuila. Ciclo Primavera-Verano, 1983.	50
7	Porcentaje de contenido gravimétrico de agua (Pw), antes de la aplicación de cada uno de los riegos, mostrándose el porcentaje de abatimiento (% ab) en cada uno de los estratos, rancho "El Aguatoche", Saltillo, Coahuila. Ciclo Primavera-Verano, 1983.	59

## CUADRO.

	Pág.
8	69
Valores observados en altura de plantas (cm), 83 días después de la siembra. Cultivo de papa, rancho "El Aguatoche", Saltillo, Coah. Ciclo Primavera-Verano, 1983.	
9	71
Características promedio de los tratamientos bajo un mismo programa de riego, sobre la producción de materia seca (ton/ha) en raíz, tubérculo, follaje y total, evaluados a los 83 días después de la siembra del cultivo de papa, rancho "El Aguatoche", Saltillo, Coahuila. Ciclo Primavera-Verano, 1983.	
10	72
Producción total de tubérculo (ton/ha), obtenida en cada una de las unidades experimentales. Rancho "El Aguatoche", Saltillo, Coah. Ciclo Primavera-Verano, 1983.	
11	74
Análisis de varianza realizado al rendimiento total de tubérculo (ton/ha), rancho "El Aguatoche", Saltillo, Coahuila. Ciclo Primavera-Verano, 1983.	
12	76
Análisis de varianza para la interpretación de la interacción riego por vermiculita, en producción total de tubérculo, rancho "El Aguatoche", Saltillo, Coah. Ciclo Primavera-Verano, 1983.	
13	77
Rendimiento promedio de papa de "Primera" (en base al diámetro del tubérculo), para los 12 tratamientos bajo estudio. Rancho "El Aguatoche", Saltillo, Coah. Ciclo Primavera-Verano, 1983.	
14	78
Análisis de varianza realizado al rendimiento en tubérculo de "Primera". Rancho "El Aguatoche", Saltillo, Coahuila. Primavera-Verano, 1983.	

## CUADRO

Pág.

- |    |   |    |
|----|---|----|
| 15 | Análisis de varianza para la interpretación de la interacción riego por vermiculita en producción de tubérculo de primera. Rancho "El Aguatoche", Saltillo, Coahuila. - Ciclo Primavera-Verano, 1983.                         | 80 |
| 16 | Rendimiento promedio de papa de "Segunda" (en base al diámetro del tubérculo), para los 12 tratamientos bajo estudio. Rancho "El Aguatoche", Saltillo, Coahuila. Ciclo Primavera-Verano, 1983.                                | 81 |
| 17 | Análisis de varianza realizado al rendimiento de tubérculo de "Segunda". Rancho "El Aguatoche", Saltillo, Coahuila. Ciclo Primavera-Verano, 1983.   | 83 |
| 18 | Rendimiento promedio de papa de "Tercera" (en base al diámetro del tubérculo), para los 12 tratamientos bajo estudio. Rancho "El Aguatoche", Saltillo, Coahuila. Ciclo Primavera-Verano, 1983.                                | 84 |
| 19 | Análisis de varianza realizado al rendimiento en tubérculo de "Tercera". Rancho "El Aguatoche", Saltillo, Coahuila. Ciclo Primavera-Verano, 1983.   | 85 |
| 20 | Eficiencia en el uso de agua (rendimiento medio de cada tratamiento entre la evapotranspiración del cultivo), para los 12 tratamientos bajo estudio. Rancho "El Aguatoche", Saltillo, Coahuila. Ciclo Primavera-Verano, 1983. | 91 |
| 21 | Presupuesto parcial de datos promedios, para los tratamientos de vermiculita (0 y 0.5 ton/ha). Rancho "El Aguatoche", Saltillo, Coahuila. Ciclo Primavera-Verano, 1983.   | 94 |

CUADRO

Pág.

22

Análisis marginal de tratamientos de vermiculita no dominados. Rancho "El Aguatoche", Saltillo, Coah. Ciclo Primavera-Verano, 1983.

95

## INDICE DE FIGURAS,

Figura		Pág.
1	Localización del rancho "El Aguatoche", el cual se encuentra ubicado dentro del municipio de Saltillo, Estado de Coahuila, lugar donde se efectuó el experimento en papa, durante el ciclo primavera-verano de 1983.	38
2	Curva de característica de retención de humedad del suelo, del sitio experimental, en los estratos de 0-30 y 30-60 cm de profundidad, Rancho "El Aguatoche", Saltillo, Coahuila. 1983.	42
3	Distribución de los tratamientos en el campo en el experimento del cultivo de papa. Rancho "El Aguatoche", Saltillo, Coahuila. Ciclo Primavera-Verano, 1983.	51
4	Abatimiento de agua en los estratos de 0-30 y 30-60 cm. de profundidad para el programa de riego quincenal durante el desarrollo del cultivo de papa. Rancho "El Aguatoche", Saltillo, Coahuila. Ciclo Primavera-Verano, 1983.	61
5	Abatimiento de agua en los estratos de 0-30 y 30-60 cm de profundidad para el programa de riego en etapa crítica, durante el desarrollo del cultivo de papa. Rancho "El Aguatoche", Saltillo, Coahuila. Ciclo Primavera-Verano, 1983.	62
6	Abatimiento de agua en los estratos de 0-30 y 30-60 cm de profundidad para el programa de riego semanal durante el desarrollo del cultivo de papa. Rancho "El Aguatoche", Saltillo, Coahuila. Ciclo Primavera-Verano, 1983.	65
7	Comparación de la evapotranspiración de los diferentes programas de riego con respecto a la evapotranspiración máxima del cultivo calculada por el método de Blaney y Criddle. Rancho "El Aguatoche", Saltillo, Coahuila. Ciclo Primavera-Verano, 1983.	67

- |   |   |    |
|---|---|----|
| 8 | Respuesta sobre el rendimiento total del tubérculo a las aplicaciones de los factores riego, azufre y vermiculita. Rancho "El Aguatoche", Saltillo, Coahuila. Ciclo Primavera-Verano, 1983.                       | 86 |
| 9 | Respuesta sobre el rendimiento total del tubérculo a las aplicaciones de azufre y vermiculita sobre los diferentes programas de riego. Rancho "El - Aguatoche", Saltillo, Coahuila. Ciclo Primavera-Verano, 1983. | 89 |

## I. RESUMEN.

El presente es un estudio realizado sobre el cultivo de papa, el cual consistió en incrementar la producción y calidad del tubérculo, realizando una mejor programación de los riegos dentro del ciclo de desarrollo del cultivo, relacionado con el uso de un mejorador físico (vermiculita) y un mejorador químico (azufre), con la intención de que la vermiculita mejore la capacidad de retención de humedad principalmente y en general todas las propiedades físicas del suelo y el azufre como un neutralizador del pH del suelo.

El experimento fué establecido en el rancho "El Aguatoche" ubicado en el municipio de Saltillo, estado de Coahuila a 60 km al sur de la ciudad de Saltillo. La variedad utilizada fue la alpha, cuyo lugar de germinación fue Tapalpa, Jal., y cuya fecha de certificación fue en diciembre de 1982.

Los tratamientos estudiados fueron establecidos mediante un diseño de bloques al azar con arreglo en parcelas subdivididas 3x2x2 con cuatro repeticiones, siendo los factores estudiados: Riego (quincenal, etapa crítica y semanal), azufre (0 y 1.0 ton/ha.) y vermiculita (0 y 0.5 ton/ha). Cada unidad experimental estuvo formada por

siete surcos de 5 metros de largo separados uno de otro a 92 cm. con plantas a 25 cm. entre sí.

Las labores de preparación del terreno se iniciaron desde el mes de abril de 1983, al incorporar la cebada al suelo continuandose con las demás prácticas de preparación durante las siguientes semanas hasta el 11 de mayo, fecha en que fué realizada la siembra y que finalmente fue cosechada el 4 de octubre del mismo año.

En el presente trabajo se encontró que la vermiculita fue el único factor que mostró diferencia estadística en cuanto a la producción total de tubérculo, por lo que mediante una prueba sobre medias de tratamiento, efectuada a un nivel del 5 %, nos indica que el nivel de 0.5 ton/ha de vermiculita es el que induce aumentos en la producción del tubérculo.

Dado que la interacción riego x vermiculita se aproximó a la diferencia estadística, se realizó un análisis de varianza para la interpretación de esta interacción, encontrandose que la vermiculita combinada con el riego crítico produce efectos favorables en la producción de tubérculo.

En cuanto a la calidad del tubérculo, para tuber-



culos de segunda y tercera se presentan rendimientos similares, siendo estos de alrededor de 5 ton/ha, mientras que para tubérculos de primera los rendimientos fueron muy bajos, siendo el tratamiento RS - 1.0S - 0V con rendimiento de 1.6 ton/ha el que dió mejor producción.

El programa de riego que produce mejores resultados es el crítico, el cual está contenido en el tratamiento RC - OS - 0.5V que produjo 12.98 ton/ha y que fue el mejor dentro de los 12 estudiados, pero que sin embargo no se presentan diferencias con los otros dos programas estudiados.

Referente a la altura de plantas se encontró que los bajos rendimientos en tubérculo, se relacionan con valores grandes en altura de plantas, presentándose mayor altura para aquellos que fueron regados semanalmente, y en cuanto a la producción de materia seca (raíz, tubérculo, follaje y total) fue mayor para el programa de riego crítico.

La eficiencia en el uso de agua se encuentra que para el riego quincenal es en el cual se presenta un mejor producción de tubérculo por mm de agua evapotranspirada.

El análisis económico efectuado sobre el factor significativo, que para este trabajo fue la vermiculita, nos reporta una tasa de retorno marginal del 43.07 % por lo que es recomendable el uso del material vermiculita en el cultivo de papa.

## II. INTRODUCCION.

El crecimiento acelerado que presenta la población mundial y principalmente nuestro país, trae como consecuencia una mayor demanda de alimentos, por lo que es necesario establecer cultivos con los cuales se logren mayores volúmenes de alimentos y que además sean de un alto valor nutritivo, aunque el producto que se obtenga no sea considerado como un alimento tradicional en la dieta de nuestro pueblo. Un cultivo que presenta estas características es el de la papa (Solanum tuberosum, L).

Puede afirmarse que la papa fue un cultivo casi exclusivo de la raza blanca, pues su producción se concentró en Europa y América, aunque en décadas recientes a tomado importancia en otros continentes, sobre todo en Asia y específicamente en el país de China.

La superficie aproximada que mundialmente se utiliza para este cultivo es de 22 millones de hectáreas, ocupando el cuarto lugar entre los cultivos importantes para la alimentación del hombre, lograndose hasta ahora, un rendimiento promedio de 13.3 ton/ha., siendo relativamente pequeño, ya que este puede ser hasta de 90 ton/ha.

En México existen regiones importantes que son de dedicadas a la producción de papa, los cuales se localizan en; Valles altos de: Toluca, Puebla, Tlaxcala, Veracruz, Hidalgo, Bajío, Navidad, N.L., y la Sierra de Chihuahua, siendo dedicada una superficie de 80,000 hectáreas, que por las variaciones climáticas que se presentan entre unas y otras, se puede disponer de tubérculo fresco durante -- todas las épocas del año, ya sea para el consumo humano -- como para la siembra.

En la década de los cincuenta, en la región de Na vidad, municipio de Galeana, N.L., fue incorporado el cul tivo de papa, el cual, debido al esfuerzo de muchos agricultores, se ha convertido en una de las principales regiones productoras de papa en el país, estimandose que -- aproximadamente 4,000 hectáreas son dedicadas ha este cul tivo, lograndose hasta la fecha un rendimiento promedio -- de alrededor de 20 ton/ha.

Toda la superficie de Navidad, N.L., dedicada al cultivo de la papa, está bajo riego, por lo que es necesario e indispensable aprovechar al máximo el agua, utili zando buenos sistemas de riego, como también realizando -- una buena programación de los mismos durante el ciclo de desarrollo de la papa. Generalmente los agricultores esta

blecen sus programas de riego en base a experiencias personales o en información proporcionada por los vendedores de los sistemas de riego.

Está comprobado que la importancia económica de este cultivo en la región es grande, pues además de proporcionar empleo a cientos de trabajadores del campo, en Saltillo, recientemente se abrió una planta procesadora de este producto.

La inversión que se realiza por hectárea en 1984 es de aproximadamente \$ 700,000.00, lo cual significa que en la región de Navidad, N.L., se invierten alrededor de 2,800 millones de pesos, de los cuales 900 millones son dedicados al pago de salario, quedando utilidades de 1,200 millones de pesos.

#### OBJETIVOS:

- 1.- Evaluar el consumo de agua en el cultivo de papa en el área agrícola de Navidad, N.L.
- 2.- Evaluar tres programas de riego en el cultivo de papa
- 3.- Evaluar el efecto de la mezcla de un mejorador físico y un mejorador químico sobre el desarrollo del cultivo.
- 4.- Evaluar la interacción mejoradores-programa de riego.

## HIPOTESIS DE TRABAJO:

- 1.- El cultivo de la papa es resistente a esfuerzos hídricos moderados antes del inicio de la tuberización.
- 2.- Los mejoradores vermiculita y flor de azufre mejoran las condiciones físico-químicas del suelo para el cultivo de la papa.

### III. REVISION DE LITERATURA.

#### A. EL CULTIVO DE LA PAPA

##### 1. GENERALIDADES DEL CULTIVO DE LA PAPA

###### 1.1. ORIGEN GEOGRAFICO E HISTORIA.

Matons (1943) menciona que la papa es originaria de un lugar no bien definido de la región Andina comprendida entre el Norte de Chile y el Sur del Perú; la dificultad en la determinación del lugar exacto de origen se debe, entre otras causas, a que en toda América existe un considerable número de Solanaceas similares a la papa. La primera cita o referencia histórica del tubérculo se encuentra en la crónica del Perú, escrita en el año de 1554 por Pedro de Cieza de León, en la cual hace una descripción del tubérculo.

Talburt y Smith (1967) mencionan que la llegada de los españoles al nuevo mundo, fomentaron la distribución de la papa a través del Sur y Centro de América, México y aun en las partes del Sur de los Estados Unidos de América, durante el siglo XVI, mismo en el cual según Matons (1943), fue distribuida en países europeos como Irlanda, Inglaterra, etc., donde fue considerada primero como una planta de huerta y no fue sino hasta 1663 considerada como un cultivo de campo por los Irlandeses. El desarrollo

importante de este cultivo fue hasta principios del siglo XIX y esto se debió al esfuerzo conjunto de políticos, agrónomos y economistas, y sobre todo a las malas cosechas de cereales.

## 1.2. ORIGEN CITOGENETICO.

Smith (1975) menciona que especies distintas de tubérculos Solanum se desarrollaron en los Andes, algunas de las cuales se adaptaron en áreas de temperaturas bajas sin sufrir daño alguno, como sucede con algunas variedades comerciales. Dos de estas son Solanum ajanhuiri y S. juzepczukii, siendo la primera un diploide ( $2n = 24$ ) y la segunda un triploide ( $2n = 36$ ) que contrasta con las cultivadas en Norteamérica y Europa con un tetraploide ( $2n = 48$ ). Ninguna de estas fueron utilizadas en programas de producción por que son sexualmente estériles y estrictamente plantas de día corto.

Solaman (1949) indica que la S. juzepczukii es un híbrido de dos especies una de las cuales es S. acaule, es capaz de resistir temperaturas hasta de  $22^{\circ}\text{F}$ .

Smith (1975) menciona que la más común de las papas es la Solanum tuberosum, L. la cual es un ---



tetraploide ( $2n = 48$ ) la cual esta compuesta por las subespecies tuberosum y Andigena, las cuales son completamente fertiles entre sí. La subespecie Andigena es la más ampliamente cultivada en Sudamérica; tiene ojos profundos, es a menudo pigmentada y produce tu bérculos bajo condiciones de días cortos, mientras que la subespecie tuberosum que se cultiva en el Nor te de América y Europa tiende a requerimientos de - días largos para su efectiva tuberización.

### 1.3. CLASIFICACION TAXONOMICA.

Thomas-Domenech (1970) hace la siguiente cla sificación taxonómica de la papa:

Reino	Vegetal
División	Anófitos
Subdivisión	Angiosperma
Clase	Dicotiledonea
Subclase	Simpétala
Orden	Tubiflóra
Familia	Solanaceae
Subfamilia	Solanacea
Género	Solanum
Especie	Tuberosum.

#### 1.4. DESCRIPCION BOTANICA.

Smith (1975) menciona que la papa. Solanum tuberosum, L. es una planta anual, Dicotiledonea herbacea, la cual es considerada perenne porque presenta la habilidad de reproducirse vegetativamente por medio de los tubérculos. Las principales partes de la planta son:

**TALLO:** Este es aéreo, herbáceo, ramoso, el cual en su sección transversal puede ser redondo, subtriangular o cuadrangular y su coloración verde o purpura. Su altura puede variar desde 50 cm. hasta 120 cm. ó más.

**HOJA:** Las hojas son del tipo compuesto, con presencia de varios folíolos opuestos y uno grande como terminal, presentando algo de velloso. Los folíolos son semicirculares en la sección transversal, convexo en la parte más baja y un poco cóncava en el lado superior.

**TUBERCULO:** En el suelo se presenta la formación de tallos modificados, los cuales reciben el nombre de tubérculos. El tallo empieza como un estolón que se engrosa en la punta y luego forma el tubérculo. Los estolones aparecen relativamente temprano en el desarrollo de la planta, normalmente con una semana o diez días después de la emergencia. Bajo condi -

ciones normales de crecimiento los estolones aparecen cuando el tallo tiene cuatro pulgadas de altura. La longitud de los estolones, varía de menos de una pulgada hasta 18 pulgadas ó más. En general, la formación del tu b é r c u l o empieza aproximadamente al final del período de brotación de la flor.

**RAICES:** Presenta un sistema radicular fibroso, consistente en raíces adventiceas surgidas en grupos de tres justamente sobre los nudos del tallo subterráneo. Gran parte del sistema ra dic ular se localiza en la zona cercana a la superficie del suelo, pero estas pueden penetrar a profundidades mayores a los 120 cm. y lateralmente pueden extenderse hasta 60 cm.

**FLORES:** Estas pueden ser de coloración blanca, amarilla, azul, violeta o rayada, dependiendo de la variedad. La inflorescencia es de tipo cima, compuesta de terminal con péndulos largos. - La flor es completa y los cinco pétalos se fusionan formando un tubo floral.

**FRUTO Y SEMILLA:** Los frutos son redondos, suaves, - con diámetro de aproximadamente 2 cm. de un color verde teñido de violeta. Este tiene dos celdas, las cuales contienen numerosas semillas fijadas en la placenta e incorporadas -

en la pulpa dentro del fruto. Las semillas son delgadas y ovaladas de color amarillo o amarillento - café.

#### 1.5. CALIDAD DEL TUBERCULO.

La variedad de condiciones durante el crecimiento de la papa, influyen en la cantidad de las sustancias constituyentes del tubérculo e inclusive los métodos de análisis químicos que se utilizan para la determinación pueden hacer que varien los resultados.

Talburt et al (1975) citados por Smith (1975) reporta el siguiente análisis aproximado en papas:

<u>COMPUESTOS</u>	<u>RANGOS DE VALORES, %</u>
Agua	63.2 - 86.9
Sólidos totales	13.1 - 36.8
Proteínas	0.7 - 4.6
Grasas	0.02 - 0.96
Carbonatos totales	13.3 - 30.53
Fibra	0.17 - 3.48
Cenizas	0.44 - 1.9

Lee y Mc.Donald (1977) encontraron que aplicaciones de caliza dolomítica a suelos fuertemente

ácidos en el este de Canada aumentaban la calidad y rendimiento de tubérculos. Aplicaciones adicionales al suelo de 2,240 kg/ha. de superfosfato o bien 56 toneladas métricas/ha. de estiércol de vaca aumentan la producción del tubérculo, sin embargo, la calidad del tubérculo puede ser menor con el estiércol de vaca. Los agricultores que no desean encalar sus suelos por temor a encostramiento, aumentan los niveles de Mg, Ca y P en el suelo, aplicando 2,240 kg/ha de sulfato de magnesio, más 2,240 kg/ha de superfosfato, mejorandose la calidad y cantidad de tubérculos.

Brauer (1969) indica que cuando el peso específico es de 1.08 ó mayor, no indica que la calidad del tubérculo es adecuada, ya que existe una correlación entre este parámetro y el contenido total de proteínas.

#### 1.6. REQUERIMIENTOS DE NUTRIENTES.

Worthen y Aldrich (1980) consideran que la papa es un cultivo muy exigente en elementos nutritivos. En regiones del Este de los Estados Unidos, los agricultores aplican de 2,200 a 3,300 kg. de fertilizantes por hectárea, lo cual equivale a aplicar por lo menos 110 kg de nitrógeno, 220 kg de  $P_2O_5$

## 2. CONDICIONES ECOLOGICAS Y EDAFICAS.

### 2.1. TEMPERATURA.

Parsons (1983) reporta que la temperatura es un factor no controlable, el cual es uno de los más importantes para el desarrollo del cultivo de la papa. Para que se presente una buena emergencia, la temperatura debe subir hasta 20°C y durante la etapa de formación de follaje es necesario que la temperatura sea mayor a esta temperatura, pero sin exceder a los 30°C. En la etapa de formación del tubérculo, la temperatura debe encontrarse entre 16 y 20°C y si el cultivo se localiza en regiones calientes, es necesario que las noches sean frescas para ayudar a la inducción de la tuberización de los tallos.

Doorenbos y Kassam (1979) mencionan que las temperaturas óptimas diurnas son de 18 a 20°C para lograr altos rendimientos de tubérculos, además, para que se presente un crecimiento normal del tubérculo la temperatura debe estar entre 15 y 18°C y si la temperatura desciende de los 10°C ó sobrepasa los 30°C el crecimiento se detiene bruscamente.

### 2.2. FOTOPERIODO.

Doorenbos y Kassam (1979) indican que existe

una gran diversificación en cuanto a variedades de papa, las cuales se clasifican de una manera muy general como: tempranas (90 a 120 días), medias (120 a 150 días) y tardías (150 a 180 días). Las variedades tempranas producidas para climas templados, requieren una duración del día de 15 a 17 horas, mientras que las variedades tardías producen buenos rendimientos, tanto en condiciones de días largos como de días cortos. Para climas tropicales se necesitan variedades que toleren los días cortos, para su adaptación local.

### 2.3. LATITUD.

Smith (1975), menciona que la papa en su lugar de origen se desarrolló desde latitudes de 3°N hasta 22°S, pero después de su propagación por el mundo se ha adaptado a regiones templadas como son en países Europeos con latitudes hasta de 60°N.

### 2.4. ALTITUD.

Smith (1975) reporta que la papa se desarrolla adecuadamente en áreas donde la altura sobre el nivel del mar está entre 1800 a 2400 metros, generalmente sobre las colinas y los valles.

una gran diversificación en cuanto a variedades de papa, las cuales se clasifican de una manera muy general como: tempranas (90 a 120 días), medias (120 a 150 días) y tardías (150 a 180 días). Las variedades tempranas producidas para climas templados, requieren una duración del día de 15 a 17 horas, mientras que las variedades tardías producen buenos rendimientos, tanto en condiciones de días largos como de días cortos. Para climas tropicales se necesitan variedades que toleren los días cortos, para su adaptación local.

### 2.3. LATITUD.

Smith (1975), menciona que la papa en su lugar de origen se desarrolló desde latitudes de  $3^{\circ}\text{N}$  hasta  $22^{\circ}\text{S}$ , pero después de su propagación por el mundo se ha adaptado a regiones templadas como son en países Europeos con latitudes hasta de  $60^{\circ}\text{N}$ .

### 2.4. ALTITUD.

Smith (1975) reporta que la papa se desarrolla adecuadamente en áreas donde la altura sobre el nivel del mar está entre 1800 a 2400 metros, generalmente sobre las colinas y los valles.



## 2.5. SUELOS.

Dado que el producto alimenticio del cultivo de la papa se desarrolla dentro del suelo, este debe de presentar características muy peculiares para que el tubérculo sea formado adecuadamente.

Worthen y Aldrich (1980) indican que para una buena producción de papa se requiere de suelos con excelente drenaje, por lo que no se recomienda cultivarla en suelos de textura fina. Sin embargo, si las precipitaciones no son muy altas, la producción de papas pueden realizarse en suelos de textura migajón - arcillosa y arcillas pesadas, siempre y cuando el suelo presente una buena estructura.

Cullen y Wilson (1971) consideran que un suelo ideal para el cultivo de la papa es aquel que presenta una textura media y que la producción se ve beneficiada cuando aquel tiene un cierto grado de acidez. Este tipo de suelo permite un buen drenaje, una capacidad razonable para retener humedad y condiciones favorables para los trabajos de siembra y recolección, sin embargo en trabajos realizados por Hiller y Koller (1979) en invernaderos y camaras de crecimiento encontraron que las plantas de papa desarrollaron sistemas radiculares más rápidos y su

crecimiento fue mucho más adelantado que el de las plantas desarrolladas en arena.

Fabiani (1967) indica que todos los suelos, a condición de que sean laborables, bien aireados, que no provoquen asfixia por estancamiento del agua, pueden ser utilizados para el cultivo de la papa, siempre que las condiciones climáticas lo permitan, aunque son preferentes los suelos ligeros, pero no significa que en un suelo pesado, oportunamente estercolado y labrado, no pueda dar buenos resultados. En ambientes cálidos con precipitaciones escasas o irregulares pueden ser preferidos por su mayor frescura, los suelos de textura pesada.

### 3. PRACTICAS DE CULTIVO.

#### 3.1. PREPARACION DEL SUELO.

La preparación del terreno para establecer el cultivo de la papa puede variar mucho entre una región y otra, dado que es necesario considerar factores como tipo de suelo, condiciones climáticas y como indican Cullen y Wilson (1971) que las labores de arado inicial dependen de si el terreno estuvo ocupado por pastizales o cereales, por lo que es necesario realizar la limpieza. Si el terreno presenta

malas hierbas en abundancia, la labor de arado preliminar debe realizarse de unos 10 cm. de profundidad para extraerlas. El tiempo para la labor principal de arado depende del tipo y condiciones del suelo. En tierras duras debe realizarse antes de la mitad del mes de diciembre, mientras que en suelos ligeros puede retrasarse hasta enero o febrero. La profundidad de la labor de arado debe ser de 20 a 25 cm.

Worthen y Aldrich (1980) también recomiendan realizar la labranza a una profundidad de 20 a 25 cm. y después de efectuada, trabajar lo menos posible el terreno, mientras que Fabiani (1967) recomienda que se le deben dar dos ó más veces repetidas las labores de arado, con el objeto de preparar un substrato bien desmenuzado y bien aireado, ya que el cultivo de la papa requiere un terreno bien oxigenado, y si el terreno es de textura pesada, las labores no deben hacerse cuando el suelo este húmedo, puesto que se empeoraría la estructura del suelo.

### 3.2. EPOCA DE SIEMBRA.

En la región de Navidad, N.L., las fechas más recomendables para la siembra van desde el 15 de

marzo hasta el 30 de abril, aunque en algunas ocasiones, por diversas causas, se puede retrasar esta fecha, llegando a sembrarse en algunos casos hasta en el mes de junio.

### 3.3. DENSIDAD DE SIEMBRA.

Juins y Milthorpe (1963), mencionan que la densidad de siembra que deba establecerse sobre una superficie, es un aspecto de vital importancia en cuando a la calidad y el rendimiento de tubérculo, ya que si ésta es muy alta, la competencia entre -- plantas por agua, luz y nutrientes será grande y por lo tanto se presentaran deficiencias en el desarrollo de la planta. Por el contrario, si la densidad de siembra es baja, se estará desperdiciando espacio, pudiendose lograr una buena calidad del tubérculo - más no una alta producción.

Becerra (1969) menciona que a bajas densidades se obtiene mayor cantidad de tubérculo comercial. Para lograr la máxima producción de tubérculo de tamaño comercial, al utilizarse "Semilla" tamaño mediano o grande, la siembra debe hacerse a una distancia de 30 cm. entre tubérculos y al usar semilla chica o grande partida, es más conveniente la distancia de 15 cm.

### 3.4. METODOS DE SIEMBRA.

Fabiani (1967) indica que la siembra de la papa puede realizarse con tubérculos enteros o con tubérculos cortados e inclusive con pequeños fragmentos de tubérculo. Los tubérculos enteros pueden ser de cualquier tamaño, pero por razones económicas, es conveniente el uso de tubérculos que sean de 50 a 80 gr. de peso. Una reducción considerable en los costos de producción es el de utilizar tubérculos cortados. La siembra puede realizarse manualmente o con una sembradora mecánica de capas, en surcos de 90 cm. de separación y a una distancia entre plantas de 30 cm.

### 3.5. METODOS DE COSECHA.

Las operaciones de recolección del tubérculo pueden hacerse utilizando instrumentos de mano, arados especiales arrancadores de tubérculo o bien con maquinaria de recolección más compleja. La cosecha con instrumentos de mano es más cuidadosa y perfecta, pero la mano de obra se incrementa considerablemente, mientras que con el uso de maquinaria, el ahorro en mano de obra va del 30 % al 50 %.

### 3.6. PLAGAS Y SU CONTROL.

Varias especies de insectos y nematodos for

man un complejo de plagas que atacan la parte subterránea de la planta y especialmente al tubérculo.

#### PLAGAS SUBTERRANEAS.

##### INSECTOS:

Gallina ciega	<u>Phyllophoya</u> <u>SPP</u>
Gusano de alambre	<u>Elateridae</u>
Gusano rayador	<u>Epitrix</u> <u>Sp</u>
Picudo grande	<u>Edicaerus</u> <u>Cognatus</u>
Picudo pequeño	<u>Phyrdenus</u> <u>muriceus</u>
Trozadores.	<u>Noctuidae</u>

##### NEMATODOS.

Dorado	<u>Globodera</u> <u>Rostochiensis</u>
De agallas	<u>Meloidogyne</u> <u>Incognita</u>
Lesionador	<u>Pratylenchus</u> <u>SPP</u>
De la pudrición.	<u>Ditylenchus</u> <u>Destructor</u>

El ataque de estos insectos y nematodos sobre el cultivo de la papa, produce una considerable reducción en la calidad y cantidad de tubérculos. El control sobre plagas subterráneas debe hacerse realizando un barbecho después de la cosecha, con el objeto de que los insectos y nematodos queden expuestos a la acción del medio ambiente, o bien, si el ataque

de nematodos es grave, es necesario y conveniente realizar una rotación de cultivos no sensibles a esta plaga. Químicamente el control puede hacerse con aplicaciones de plaguicidas como son: Curater 5 % GR., Namacur 10 % GR. y compuestos de cualquier formulación a base de folidol.

Entre las plagas del follaje se pueden mencionar la palomilla de la papa, Phthorimaea operulea, plagas del duraznero, Myzus Persicae, pulgas de la papa, Macrosiphum solanifolli, la chiharrita de la papa, reconociéndose un complejo de varias especies entre las que predominan Empoasca y Macrosteles, la chinche verde, Nezara viridula, la conchuela, Chlorochoroa Ligata y el pulgon saltador, Paratruza Coque-reli.

Para controlar la palomilla de la papa, se pueden realizar labores auxiliares como son: la siembra de 90 a 92 cm. entre hileras con la finalidad de realizar una buena práctica de aporque y depositar la semilla a una profundidad de 12 cm, El aporque debe hacerse a los 40 ó 50 días después de la siembra, cubriendo los tubérculos con 2.5 cm. de tierra, evitando la oviposición. En el desvare, los tallos deben quedar algo largos y finalmente pasar unos rodillos

para cerrar las grietas. El control químico se puede hacer con compuestos tales como el tamaron 600, gusation M-20, folimat 1200, metasystok R-25, disyston 10% GR., los cuales tienen un uso específico contra un determinado tipo de plaga.

### 3.7. ENFERMEDADES Y SU CONTROL.

Los síntomas característicos que presenta una planta enferma son: decoloración, malformación y pérdida de hojas, con la cual la producción del tubérculo puede reducirse hasta un 85 % ó bien, la planta puede morir antes de producir. Entre las enfermedades más comunes se pueden mencionar:

Tizon Temprano, Alternaria Solani, la cual presenta sus síntomas más característicos sobre las hojas, siendo estas manchas oscuras, con anillos circulares o alargados, pero casi concentricos, que al unirse producen lesiones mayores. El control puede realizarse utilizando los siguientes fungicidas: Manzate D 80 % (2-3 kg/ha), Dithane M.C. (1-2 kg/ha), Cupramix (2-4 kg/ha) y Dyrene 50 % PH (2-4 kg/ha), los cuales deben aplicarse al observar los primeros síntomas, realizando aplicaciones semanalmente o dos veces por semana cuando las precipitaciones pluviales son más frecuentes.



Tizón Tardío. Phytophthora intestans, los síntomas se manifiestan en las primeras hojas, por manchas húmedas de color verde pálido, que rápidamente se tornan negras. Si la humedad es elevada, se observa un margen verde pálido alrededor del área muerta y en ella un especie de polvillo blanco. En estado más avanzado, en el tubérculo se observan manchas grises, además se percibe un olor característico del moho. La forma de prevenir el ataque de este virus es haciendo aplicaciones similares a las del Tizón Temprano.

Enrollamiento de hojas, Corium Solani, La cual se transmite vegetativamente a través de tubérculos infectados o por la saliva contaminada de sus vectores, los pulgones. Los síntomas aparecen a los 10 ó 20 días después de que emergieron las plantas, cuando las hojas se enrollan, se quiebran y caen fácilmente. La manera de evitarla es utilizando semilla sana certificada y combatir los pulgones vectores del virus con tamaron 600.

Viruela de la papa, Rhizoctonia Solani. El ataque puede ocurrir desde la brotación de las yemas, observándose en las plantas que logran emerger, hojas con puntas retorcidas, de color amarillento o violeta-

rojizo. Los tubérculos son pequeños y deformes con prominencias negras en la cascara. La forma eficaz de combatirla es utilizando PCNB y Captan (1 kg. de cada uno en 100 litros de agua) o bien aplicando Benlate (2 kg en 300-400 litros de agua) los cuales deben aplicarse al momento de la siembra.

#### 4. REQUERIMIENTOS DE AGUA.

Al disponerse de agua en cantidad limitada, este para a ser el recurso natural más valioso y por consiguiente resulta imperativo llegar a una planificación realmente eficaz del aprovechamiento del agua en la producción agrícola.

Gurbachan y Struchtemeyer (1976) probaron que este cultivo es muy sensible a las deficiencias de agua, afectando su crecimiento, observandose que el porcentaje de área ocupada por xilema en la sección transversal del tallo disminuye significativamente con el incremento del stress hídrico del suelo

Haise y Hagan (1976) citados por Kramer (1974) mencionan que las mismas plantas son las mejores indicadoras de las necesidades de agua, ya que el crecimiento de estas está controlado por su tensión hídrica interna, y el mejor indicador de las

necesidades de riego es la reducción del potencial hídrico del tejido vegetal, pero como este término es difícil evaluar en el campo, es conveniente emplear otros métodos como sería por ejemplo: Los cambios en el ángulo foliar del sorgo y el enrollamiento y otros movimientos de las hojas en otras especies indican el desarrollo de la tensión hídrica previa al agostamiento.

Doorenbos y Kassam (1979) indican que el requerimiento de agua por el cultivo de la papa, con un ciclo de 120 a 150 días varía de 500 a 700 mm (Evapotranspiración máxima, ETm) lo cual depende casi exclusivamente del clima. Las variaciones del coeficiente del cultivo (Kc), el cual nos indica la relación entre la ETm y ETo (Evapotranspiración de referencia), durante las diferentes etapas del cultivo de la papa son: Para la etapa inicial de un período de 20 a 30 días, la variación es de 0.4 a 0.5; para el estado de desarrollo de un período de 30 a 40 días la variación es de 0.7 a 0.8; durante el estado medio del ciclo en el período de 30 a 60 días, los valores son de 1.05 a 1.2 ; durante la etapa de formación y crecimiento del tubérculo, los valores van de 0.85 a 0.95 en un período de 20 a 35 días y finalmente la maduración, de 0.7 a 0.75.

Jackson (1962) encontró que las condiciones óptimas del suelo para la emergencia de plantas en el crecimiento de la papa fue de 14 % de humedad y una razón de difusión de oxígeno de  $62.9 \times 10$  por cm por minuto. Si el contenido de humedad del suelo es mayor del 19 %, la razón de difusión de oxígeno se ve fuertemente reducida, fallando altamente la germinación.

Fulton y Murwin (1955) mencionan que la aplicación del agua en las primeras etapas del cultivo de la papa, cuando el nivel de humedad disponible alcanzó el 75 %, no fue más efectiva la irrigación que cuando el nivel disponible fue del 50 %. En cambio en riegos a niveles del 50 %, sí produjo rendimientos -- más altos que a niveles del 25 %. Este incremento en rendimiento se debió al aumento en el tamaño del tubérculo más no en el número de éstos, sin embargo, - en investigaciones siguientes se encontró que los rendimientos se incrementaron significativamente en 3 de 4 años, encontrándose que el incremento fue también - en el número de tubérculos.

DeLis et al (1964) en trabajos que realizaron sobre el cultivo de la papa, encontraron que los períodos más sensibles a las deficiencias de agua --

fueron las etapas de estolonización y el inicio de la tuberización, disminuyéndose considerablemente los rendimientos.

Jones y Johnson (1958) encontraron que riegos a 0.3 atmósferas de tensión en Alabama, se obtuvieron rendimientos más altos en papas que en aquellos donde la tensión fue mayor. Para mantener la tensión abajo de las 0.3 atmósferas, fué necesario regar cada 3.4 días, sequias durante las etapas iniciales de desarrollo de la panta de papa no son tan determinantes en la producción como lo serían en las siguientes etapas de desarrollo.

Doorenbos y Pruitt (1976) También hacen indicaciones sobre los períodos críticos, con respecto a la tensión de humedad del suelo sobre el cultivo de la papa, recomendando niveles altos de humedad después de la formación de tubérculo.

Dubetz y Hobbs (1974) Indican que los suelos arenosos retienen de 0.5 a 1.0 pulgadas de agua por pie de suelo, Suelos limosos retienen de 1.0 a 1.8 pulgadas y los arcillosos de 1.4 a 2.5 pulgadas. La zona radicular de la mayoría de los cultivos está a 4 pies, por lo que de acuerdo a nuestro interés, la

cantidad de agua retenida en esta zona sería de 2.0 a 10.0 pulgadas, dependiendo del tipo de suelo. Esto es, si un suelo a capacidad de campo (22 % de agua) retiene 3.8 pulgadas de agua por pie, 2.0 pulgadas son disponibles para el uso de la planta y los restantes 1.8 pulgadas no lo son, por lo que un suelo que ésta reteniendo la mitad del agua disponible tendrá 2.8 pulgadas, por lo que para llevarlo a capacidad de campo es necesario aplicar una cantidad de 1.0 pulgada por pie, ya sea mediante un sistema de aspersión o por un riego por gravedad eficiente. Las pérdidas pueden ser por evaporación, consumo por malas hierbas y percolación, por lo que la eficiencia del riego varía de 30 hasta un 80 %. Para un riego promedio la eficiencia es de un 60 %, por lo que se puede prevenir con un 40 % ó más, o sea, aplicando 5.6 pulgadas de agua por cuatro pies de profundidad de suelo.

Yadav y Tripathi (1973) Mencionan que la irrigación sobre la papa (Solanum tuberosum, L.) a diferentes regimenes de humedad presenta un efecto significativo sobre la producción del tubérculo. Bajo los tres regimenes de humedad que estudiaron, obtuvieron que el regimen humedo (aplicación del riego cuando el 75 % de la humedad disponible se encontraba en el suelo) dió significativamente mayor producción

en comparación con el regimen de humedad media (aplicación del riego cuando el 50 % de la humedad disponible se encontraba en el suelo), el cual a su vez fue mejor que el regimen seco (aplicación del riego cuando el 25 % de la humedad disponible se encontraba presente).

#### B. MEJORADORES DEL SUELO:

Desde tiempos remotos el hombre se ha preocupado por mejorar, o al menos mantener, la productividad de los suelos que utilizan para la agricultura, por lo que ha incorporado diferentes compuestos al suelo, de los cuales son de muy diverso origen y composición.

Deleenheer (1964) Citado por Baver et al (1980) menciona que el encalado del suelo, que es una práctica de mejoramiento del suelo, no tiene un efecto directo sobre la estructura, pero sin embargo se sabe que impulsa un mayor desarrollo de la vegetación y de la producción de materia orgánica, lo que en general causa la regeneración de la estructura. En experimentos realizados en Belgica, demostró que la compactación por el arado y el deterioro de la estabilidad de los agregados era doble en suelos pobres en cal comparado con el de suelos en los que era visible el carbonato de calcio.

## 1. MINERAL EXPANDIBLE (VERMICULITA).

Ortiz (1983), Indica que este mineral por las características físicas que presenta, puede ser usado como un excelente mejorador del suelo, ya que realiza cambios importantes y favorables, in Situ, sobre la textura, densidad aparente y en el contenido de humedad aprovechable.

Kraus et al (1965) mencionan que la vermiculita, incluye numerosos minerales, micaceos que se forman por hidratación y oxidación de la biotita, flogopita y clorita y Dana y Ford (1976), la describen físicamente como laminillas suaves, flexibles e inelásticas, lustre perlino o bronceado y el color varía de blanco a amarillo. Calentandos de 100° a 110°C o secados sobre ácido sulfúrico pierden cantidad considerable de agua, hasta un 10 %, y a 300°C esta cantidad aumenta considerablemente y Emmons et al (1963) consideran que la vermiculita puede expanderse hasta 20 veces su volúmen original, por lo que es considerada como un excelente aislante de calor y frío..

Méndez (1982) obtuvo que el uso de la vermiculita en el cultivo de la papa produce buenos resultados, ya que al aplicar 2 ton/ha de vermiculita con



450 kg/ha de  $P_2O_5$ , reporta resultados alagadores en cuanto a altura de plantas, área foliar, acumulación de materia seca, cantidad y calidad del tubérculo.

## 2. MINERAL ACIDIFICANTE. (AZUFRE).

Collings (1958) indica que la principal finalidad de utilizar el azufre elemental en la agricultura, es el de aumentar la acidez del suelo y -- para que al reaccionar con él, ponga en disponibilidad algunos compuestos, además, Buckman y Brady -- (1977) indican que al ser oxidado el azufre por los microorganismos del suelo, produzcan el ión sulfato el cual es principalmente utilizado solo en esta -- forma por la planta.

Moser y Olsen (1953) muestran que la velocidad de oxidación del azufre está controlada por la cantidad de las bacterias oxidantes presentes en el suelo y por la tensión del agua del mismo. Para suelos de textura franco - arenosa con tensión de humedad de 0.02 atm. y suelos franco-limosos con tensión de humedad de 0.059 atm., el azufre inoculado e incubado a una temperatura de 25°C, era oxidado más - rápida y fácilmente a sulfatos.

Bartholomew, (1957). Encontró que la actividad microbiana para oxidar al azufre elemental, es óptima a temperaturas entre 24° y 35°C, la cual es drásticamente reducida en suelos demasiado húmedos o demasiado secos, lo cual también fue confirmado - por Ibarra, (1959).

Alexander, (1961). Menciona que una gran variedad de microorganismos producen la oxidación del azufre, siendo el de mayor importancia el Thiobacillus thiooxidans, aunque también intervienen en gran parte el Thiobacillus thioparus, siendo autotrofos estas bacterias, las que producen la oxidación biológica.

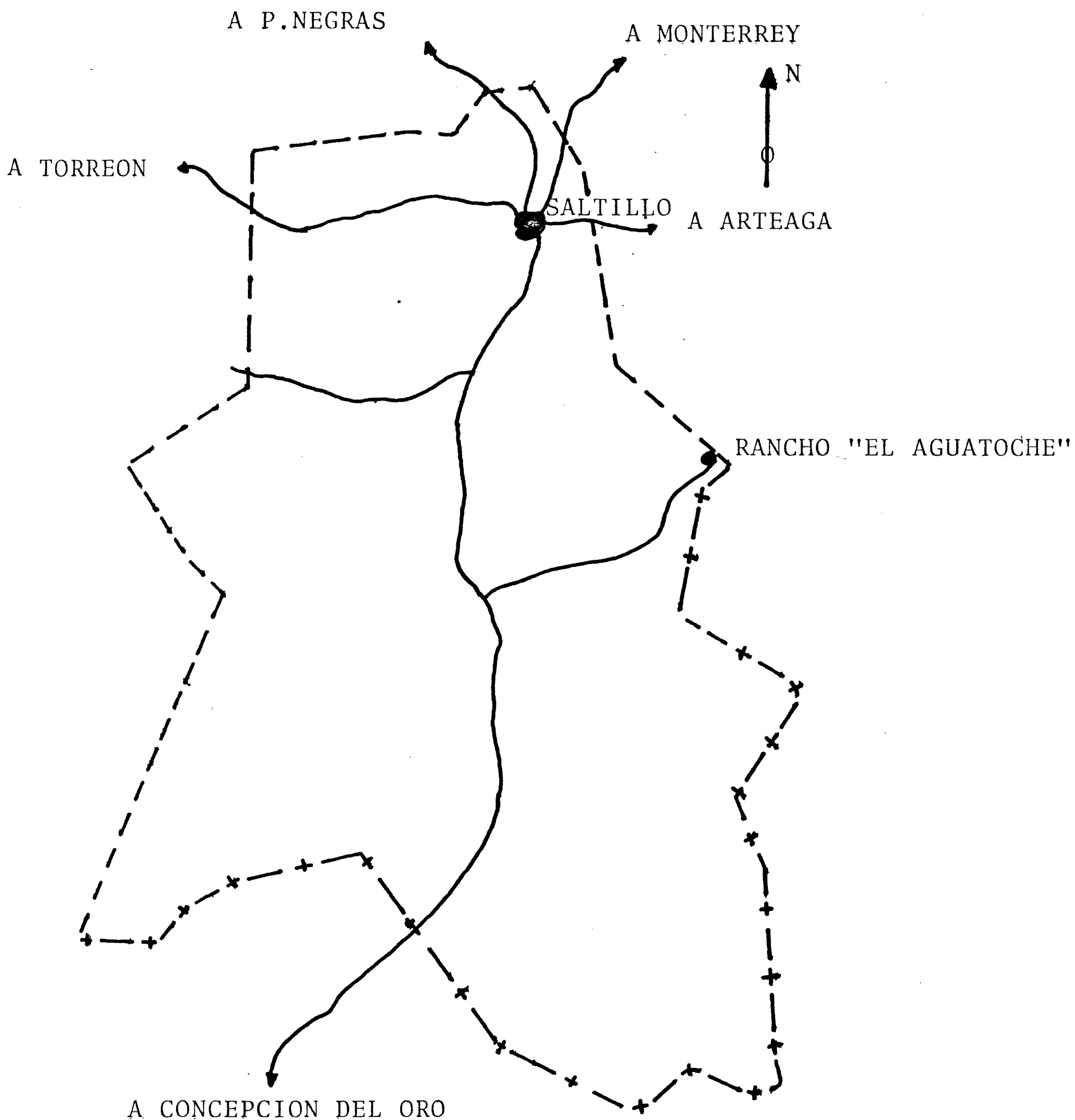


Figura 1. Localización del rancho "El Aguatoche", el cual se encuentra ubicado dentro del municipio de Saltillo, Estado de Coahuila, lugar donde se efectuó el experimento en papa, durante el ciclo Primavera-Verano de 1983.

## 2.2. SUELOS.

Los suelos que se localizan en esta región son de origen sedimentario, cuya formación corresponde a la era cenozoica del período cuaternario, los cuales presentan depósitos de coliche, compuestos de carbonato de calcio de un color blancuzco.

La pendiente es simple de 2 % y la superficie del terreno no presenta problemas graves de pedregosidad. Predominan los suelos de coloración gris, los cuales en la tabla de Munsell se indican como 10 YR5/1, además, la mayoría de estos suelos presentan un pH mayor de 7.5; son pobres en: Nitrógeno, con menos del 0.05 %; materia orgánica, 1 a 2.5 %; fósforo asimilable, 20 a 50 kg/ha. y solo en potasio son de medio a altamente ricos con 40 a 400 kg/ha. La textura que predomina en la región es la media, con drenaje interno de medio a bueno y con profundidad del suelo hasta 60 cm, dado que después de esta se localiza un estrato de cristales de sulfato de calcio. No se presentan problemas de salinidad en la región.

El uso del suelo es de agricultura de temporal y de riego, utilizandose cultivos como el -

maíz, frijol, avena y papa. La vegetación natural que domina en la región es de pastos y matorrales subinermes.

Los análisis físicos y químicos realizados sobre muestras tomadas al sitio experimental, a profundidades de 0-30 y 30-60 cm fueron efectuados en el laboratorio de Física de Suelos de la Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro", reportándose los resultados que se indican en el cuadro 1, mientras que la figura 2, nos muestra la curva de característica de humedad, la cual fué determinada por el método de olla de presión en el laboratorio de aguas de la misma Institución.

### 2.3. CLIMA.

Las características del clima de la región se ubican dentro de la clasificación de Koppen - como de clima seco o estepario (BS<sub>0</sub> - BS<sub>1</sub>).

Las temperaturas máximas se presentan durante los meses de junio y julio registrándose de 26° a 28°C; mientras que las temperaturas mínimas se presentan en el mes de enero, registrándose temperaturas de -5°C a 0°C, por lo que la temperatura promedio anual es de 18° C.

Cuadro 1. Características químicas y físicas del suelo donde fue establecido el experimento, Lote No. 2 del Rancho "El Agua-toche", Saltillo, Coahuila. Ciclo Primavera-Verano, 1983.

Características	Metodo Empleado	Valores	Obtenidos
Profundidad		0-30	30-60
Materia Orgánica, %	Walkley/Black	2.25	0.46
Nitrógeno Total, %	Kjeldahl	0.162	0.04
Fósforo Aprovechable, Kg/ha.	Olsen	79.20	2.70
Potasio Intercambiable, kg/ha	Cobaltinitrito de Na.	892.13	537.75
Reacción del Suelo (pH)	Potenciómetro	7.80	7.85
Carbonatos Totales, %	NaOH 1 N	78.65	71.50
Conductividad Eléctrica mmhos/cm a 25°C	Puente de Wheatstone	4.23	3.83
% Arena		27.2	40.9
% Limo		66.9	55.7
% Arcilla		5.9	3.4
Textura del Suelo	Hidrómetro de Bouyoucos	Migajón-Limosá	Migajón-Limosá.
Densidad Aparente, g/cc.	Parafina	1.45	1.52
Densidad de Sólidos, g/cc	Picnómetro	2.30	2.58
% Saturación		44.4	46.2
Capacidad de Campo	Ollas de Presión	34.7	34.3
Punto de Marchitamiento Permanente.	Ollas de Presión	21.2	22.2
Humedad Aprovechable		13.5	13.1
Infiltración Básica, cm/hr.	Doble cilindro		2.4

00869

U.A.A.A.N

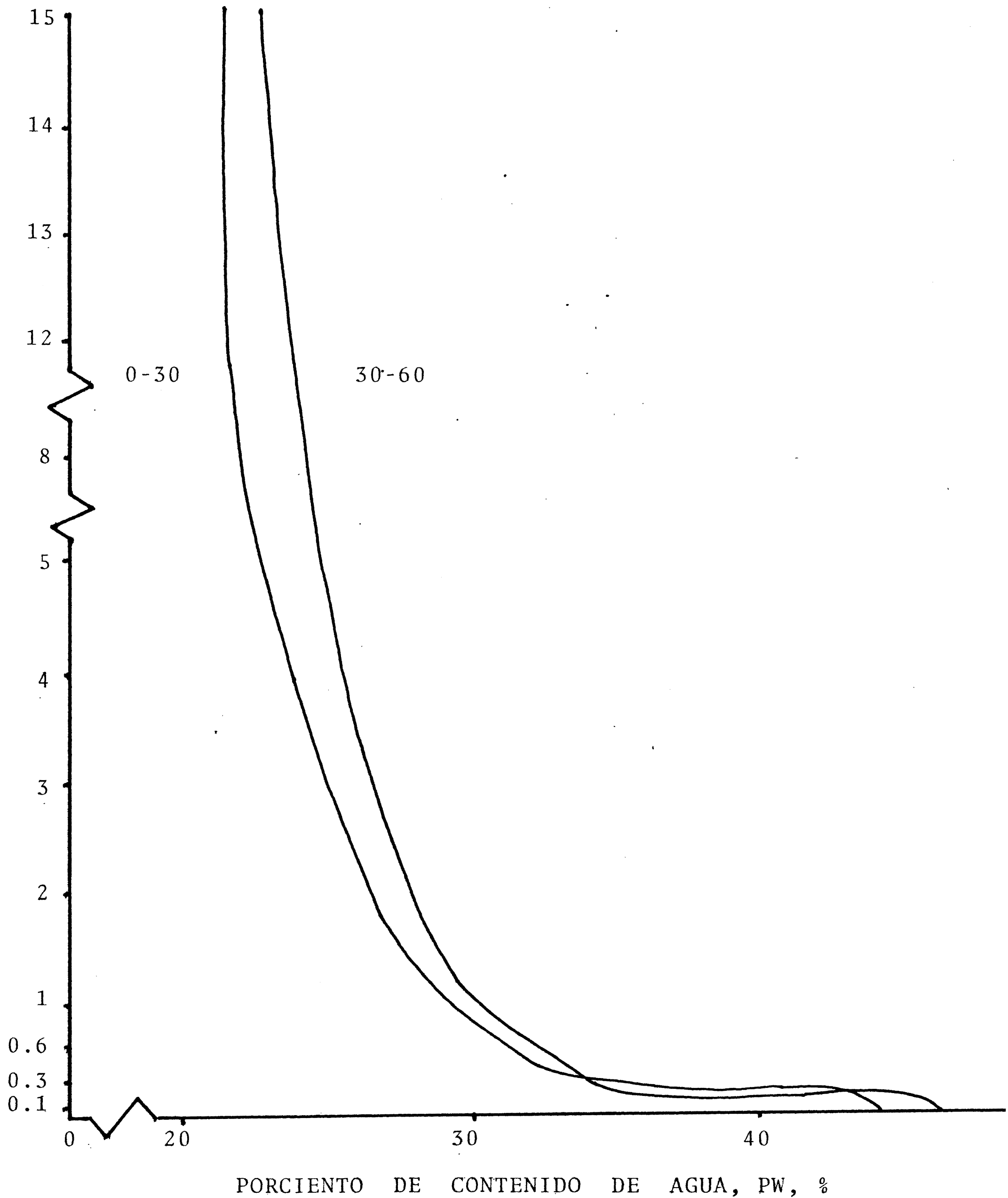


Figura 2. Curva de características de humedad del suelo del sitio experimental en los estratos de 0-30 y 30-60 cm. de profundidad. Rancho "EL Aguatoche", Saltillo, Coahuila. 1983.

Las precipitaciones pluviales son muy variables durante el año, registrandose las precipitaciones mayores de mayo a septiembre y los meses de menor precipitación son de noviembre a abril.

El cuadro 2, nos indica los valores promedio de registros climáticos tomados hasta 1982, de la estación meteorológica ubicada en el rancho "Los Angeles" localizada a aproximadamente 10 km de distancia del sitio experimental, mientras que el cuadro 3, nos indica los valores registrados durante el ciclo del cultivo de la papa en 1983. El cuadro 4, nos indica la precipitación pluvial registrada en cada día dentro del ciclo del cultivo, los cuales fueron tomados en el rancho "El Aguatoche".

#### 2.4. AGUA.

El agua que se utilizó para la irrigación del cultivo es considerada de buena calidad ya que el análisis reportó que es de clase  $C_1S_2$ . Esta es extraída del subsuelo mediante pozos profundos operados por bombas eléctricas. La forma de aplicarla al terreno es mediante el sistema de riego "Side - roll".



Cuadro 2. Registros climatológicos promedio de la estación Meteorológica ubicada en el Rancho "Los Angeles", Saltillo, Coahuila, hasta el año 1982.

Meses	Tmed., °C	Precip., mm	Evapor., mm	H.R. %	Presión mmHg
Mayo	16.56	40.74	178.74	71.00	617
Junio	18.17	36.30	154.27	77.00	628
Julio	17.56	55.13	194.87	73.14	616
Agosto	16.45	49.69	266.82	75.14	623
Septiembre	15.26	34.28	134.02	78.57	606

Cuadro 3. Registro climatológico promedio de la estación meteorológica ubicada en el Rancho "Los Angeles", Saltillo, Coahuila, durante el ciclo - del cultivo de papa en 1983.

M e s e s	T med. °C	H.R. %	Presión mmHg.
Mayo	17,4	62	578
Junio	18.0	68	583
Julio	17.6	75	593
Agosto	17.2	78	596
Septiembre	17.00	88	591.

Nota: Durante los meses anteriormente señalados ,  
no fueron determinados los datos de evaporación.

Cuadro 4. Registro de la precipitación pluvial tomados en el sitio experimental, durante el ciclo del cultivo. Rancho "El Aguatoche", Saltillo, Coahuila, 1983.

M e s	D í a .	Precipitación Pluvial mm
Mayo	25	72.20
	26	12.70
	27	12.70
Junio	1	3.18
	2	19.05
	15	25.40
	16	19.05
Agosto	4	69.85
	25	12.70

Nota: En el mes de julio no se presentaron precipitaciones pluviales sobre esta área.

### 3. DESCRIPCION DE TRATAMIENTOS Y DISEÑO EXPERIMENTAL.

Los tratamientos estudiados en este trabajo fueron obtenidos de la combinación de tres factores los cuales se describen a continuación:

#### Programas de Riego.

Se estudiaron tres niveles los cuales fueron : Riego quincenal, Riego crítico y riego semanal, realizándose la aplicación de los riegos de acuerdo a como se indica nominalmente para el quincenal y semanal. Para el programa de riego crítico la aplicación del agua al cultivo se realizó con espaciamentos de quince días antes de la tuberización y después de ésta fueron aplicados semanalmente. El cuadro 5, nos indica la calendarización en la aplicación de los riegos.

La aplicación del agua al experimento fue realizada mediante un sistema de compuertas, conectándose la línea conductora a un hidrante, siendo aplicada en todos los riegos una lámina de 15 cm.

#### Azufre.

Se estudiaron dos niveles los cuales fueron: 0 y 1.0 ton/ha.

#### Vermiculita.

Los niveles estudiados de este factor fueron:

Cuadro 5. Calendarización en la aplicación de los riegos en el experimento del cultivo de papa, Rancho "El Aguatoche", Saltillo, Coahuila, Ciclo Primavera-Verano, 1983.

Fecha	R i e g o .		
	Quincenal	Crítico	Semanal
15 Junio	X	X	X
21 Junio			X
28 Junio	X	X	X
5 Julio			X
12 Julio	X	X	X
19 Julio		X	X
26 Julio	X	X	X
2 Agosto		X	X
9 Agosto	X	X	X

0 y 0.5 ton/ha.

Después de que el terreno fue delimitado se hizo la aplicación de los dos mejoradores del suelo, la cual fué realizada manualmente por separado, colocando bolsitas de polietileno en cada surco de la parcela -- experimental, las cuales contenían cantidades adecuadas de acuerdo al tratamiento correspondiente. La aplicación de los mejoradores fue realizada el 10 de mayo, y su colocación, se hizo en el fondo del surco, los cuales posteriormente fueron tapados con el pie. El cuadro 6 nos indica los tratamientos estudiados,

El diseño experimental utilizado para este trabajo fué un bloque completamente al azar con arreglo en parcelas subdivididas 3x2x2 con cuatro repeticiones. - Dentro de cada bloque fueron aleatorizados los riegos, de los cuales, cada nivel ocupó una parcela grande, estando separados estos por un bordo de un metro de ancho; a su vez, dentro de cada parcela grande se aleatorizaron los niveles de azufre, ocupando cada uno de ellos la parcela mediana y finalmente dentro de esta se aleatorizaron los niveles de vermiculita, ocupando cada uno de ellos la parcela chica. Entre parcela mediana y chica no se dejó ninguna separación. La figura 3, nos muestra la manera en que fueron distribuidos los tratamientos en el experimento.

Cuadro 6. Descripción de tratamientos establecidos mediante la combinación 3x2x2 factorial, en el experimento del cultivo de papa. Rancho "El Aguatoche". -- Saltillo, Coahuila. Ciclo Primavera-Verano, 1983.

Tratamientos

Clave	D e s c r i p c i ó n .		
	R i e g o	Azufre kg/ha	Vermiculita kg/ha.
RQ-0S-0V	Quincenal	0	0
RQ-0S-0.5V	Quincenal	0	500
RQ-1.0S-0V	Quincenal	1000	0
RQ-1.0S-0.5V	Quincenal	1000	500
RC-0S-0V	Etapas Críticas	0	0
RC-0S-0.5V	Etapas Críticas	0	500
RC-1.0S-0V	Etapas Críticas	1000	0
RC-1.0S-0.5V	Etapas Críticas	1000	500
RS-0S-0V	Semanal	0	0
RS-0S-0.5V	Semanal	0	500
RS-1.0S-0V	Semanal	1000	0
RS-1.0S-0.5V	Semanal	1000	500





Las dimensiones de la parcela experimental fue de siete surcos de cinco metros de largo, separados a 92 cm, correspondiendo a la parcela útil dos surcos, el central y uno lateral con longitud de 4.5 metros.

#### 4. LABORES CULTURALES.

##### 4.1. PREPARACION DEL TERRENO.

La porción de terreno que se proporcionó para este experimento, fué sembrado con cebada en el ciclo de invierno-primavera de 1982, rastreadose en el mes de abril, con el objeto de incorporar el abono verde. Después de ésta práctica, el terreno no fue manejado, ya que por su localización, el agricultor no pensaba utilizarlo, puesto que por el sistema de riego utilizado en su cultivo (Side Roll) no alcanza a regar esta superficie, razón por la cual fué escogida para el estudio de este experimento.

La preparación en sí del terreno, consistió solamente de un barbecho, un paso de rastra y el surcado, los cuales fueron realizados hasta la primera semana de mayo con los implementos agrícolas del agricultor cooperante.

#### 4.2. FERTILIZACION.

Las fuentes de fertilización utilizadas - para este trabajo fueron:

Fórmula        18 - 46 - 00

Urea con        46 % N

Sulfato de potasio con 50 %  $K_2O$

La fórmula de fertilización aplicada fue de 150-300-150, siendo aplicados los fertilizantes, el 9 de mayo, mediante el uso de la fertilizadora, colocandolos en bandas en el fondo del surco.

#### 4.3. SIEMBRA.

El 11 de mayo se llevó a cabo la siembra del experimento, la cual fue realizada manualmente, siendo colocada la "semilla" a una distancia de 25 cm entre una y otra, la cual equivale aproximadamente a una densidad de siembra de dos a tres ton/ha. Al ir cerrando el surco, se aplicaron insecticidas y fungicidas, para evitar problemas de plagas y enfermedades, añadiendose biosyme como un estimulante para el crecimiento en dosis de 500 ml/ha.

La variedad utilizada fue la Alpha, cuyo

lugar de germinación fue Tapalpa, Jalisco y beneficiada en Guadalajara, Jalisco, cuya fecha de certificación fue en diciembre de 1982.

#### 4.4. CONTROL DE PLAGAS, ENFERMEDADES Y MALEZAS.

La aplicación de nematicidas e insecticidas fué dividida en dos mitades, realizandose la primera al momento de la aplicación de los fertilizantes y la segunda fue hecha al momento de voltear el bordo para tapar la semilla.

Los compuestos utilizados para la prevención de la pudrición seca. Fusarium Sp, costra plateada Helminthosporium Solani, Gangrena Phoma Exigua, pudrición del cuello Rhizoctonia Sp y mancha de la piel Dospora Postulanus fueron el tacto 600, Thiabendazone MSD, en dosis de 500 gr/ha.

Para la prevención de la gallina ciega Phyllophaga SPP y nematodos se aplicó el furadan 350 L, en dosis de 500 ml/ha.

Contra el gusano cortador Noctuidae, gusano de alambre Elateridae se aplicó heptacloro 25 CE, insecticida emulsificante en dosis de 7.5 lts/ha y para el control de la roña Actinomyces -

lugar de germinación fue Tapalpa, Jalisco y beneficiada en Guadalajara, Jalisco, cuya fecha de certificación fue en diciembre de 1982.

#### 4.4. CONTROL DE PLAGAS, ENFERMEDADES Y MALEZAS.

La aplicación de nematicidas e insecticidas fué dividida en dos mitades, realizandose la primera al momento de la aplicación de los fertilizantes y la segunda fue hecha al momento de voltear el bordo para tapar la semilla.

Los compuestos utilizados para la prevención de la pudrición seca. Fusarium Sp, costra plateada Helminthosporium Solani, Gangrena Phoma Exigua, pudrición del cuello Rhizoctonia Sp y mancha de la piel Dospora Postulanus fueron el tacto 600, Thiabendazone MSD, en dosis de 500 gr/ha.

Para la prevención de la gallina ciega Phyllophaga SPP y nematodos se aplicó el furadan 350 L, en dosis de 500 ml/ha.

Contra el gusano cortador Noctuidae, gusano de alambre Elateridae se aplicó heptacloro 25 CE, insecticida emulsificante en dosis de 7.5 lts/ha y para el control de la roña Actinomyces -

Scables se usó el insecticida PCNB 24% en dosis de 1.2 lts/ha.

Para controlar las malezas se realizó un deshierbe en forma manual, identificándose entre las hierbas al Amaranthus Palmeri, Setaria Sp, Flaveria Sp y Salvia reflexa. También fue realizado un aporque para eliminar las malezas y de -- proteger a los tubérculos para un mejor desarrollo.

#### 4.5. COSECHA.

Esta fue efectuada el 4 de octubre de 1983, utilizándose una cosechadora de papa de dos surcos tirada por un tractor. La recolección fue hecha - manualmente, seleccionándose por su tamaño y forma, la calidad de la papa, colocándose en arpilleras diferentes las papas de primera, segunda y tercera.

### 5. EVALUACION DE LOS TRATAMIENTOS.

#### 5.1. CONTENIDO DE HUMEDAD.

Con el objeto de determinar al cantidad de humedad abatida entre riego y riego, se tomaron - muestras de suelo, lo cual se realizaba antes de la aplicación de cada riego, a profundidades de - 0-30 y 30-60 cm., muestras que fueron extraídas - mediante una barrena y colocadas en latas de alu-

minio previamente identificadas. Las determinaciones de los contenidos de humedad fueron realizadas mediante el método gravimétrico, en el laboratorio de Física de Suelos de la Universidad Autónoma -- Agraria "Antonio Narro".

#### 5.2. CRECIMIENTO VEGETAL.

La altura de las plantas se hizo cuantificando todo lo que es la parte aérea de la planta o sea, desde la superficie del suelo hasta la parte más alta del tallo. Se tomaron cuatro plantas al azar dentro de cada unidad experimental, siendo estas de los tres surcos centrales, realizandose esta determinación a los 83 días después de la -- siembra.

#### 5.3. PRODUCCION DE MATERIA SECA.

Para determinar la producción de materia seca se obtuvieron los pesos por separado de: La raíz, el tubérculo, el follaje y el total de las cuatro plantas tomadas de cada unidad experimental a los 83 días después de realizada la siembra.

#### 5.4. PRODUCCION Y CALIDAD DE TUBERCULO.

La recolección de tubérculos fue realizada el 4 de octubre de 1984, tomándose el surco cen--

tral y uno lateral como parcela útil con 4.5 mts. de longitud. Se seleccionó el tubérculo de acuerdo a su tamaño y forma (calidad comercial), pesandose por separado y obteniendose finalmente el peso total. Se analizaron estadísticamente los resultados obtenidos.

## V. RESULTADOS Y DISCUSION.

### 1. COMPENDIO CRONOLÓGICO DEL DESARROLLO DEL EXPERIMENTO.

La germinación del cutlivo fue tardía e irregular, dado que la semilla no tuvo el reposo adecuado, presentandose la emergencia de algunas plantas hasta los 30 días después de realizada la siembra, o sea, el 9 de junio y para el 28 del mismo mes se presentaba -- aproximadamente el 100 % de emergencia de plantas. El inicio de la tuberización se presentó alrededor del 12 de julio, por lo que después de esta fecha se procedio a hacer la aplicación de los riegos del programa crítico, semanalmente.

### 2. CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO Y CONSUMO DE AGUA POR LAS PLANTAS.

El contenido gravimétrico de humedad en el suelo, antes de la aplicación de cada riego, se muestra - en el cuadro 7, indicandose además el porcentaje de abatimiento al que llego el suelo en cada uno de los estratos bajo observación, entre riego y riego, mostrandose las fechas en que fueron realizados los riegos, - excepto la del 4 de agosto, fecha en la cual se presentó una precipitación pluvial de 69.85 mm, no lograndose obtener información del contenido de humedad en - el suelo para este día antes de la lluvia, por lo que fue necesario hacer una estimación, la cual se hizo --



Cuadro 7. Porcentaje de contenido gravimétrico de agua (Pw), Antes de la aplicación de cada uno de los riegos, mostrandose el porcentaje de abatimiento (% ab) en cada uno de los estratos, Rancho "El Aguatoche", Saltillo, Coahuila, Ciclo Primavera-Verano, 1983.

Programa de Riego	Profundidad cm	Pw, cc	Pw, pmp	Humedad Aprovechable	Fecha	Pw, mm	% ab
Riego	0-30	34.7	21.2	13.5	15 Junio	31.1	26.67
					28 Junio		
					12 Julio		
					26 Julio		
					4 Agosto		
9 Agosto							
Quincenal	30-60	34.3	22.2	12.1	15 Junio	29.8	37.19
					28 Junio		
					12 Julio		
					26 Julio		
					4 Agosto		
9 Agosto							
Riego	0-30	34.7	21.2	13.5	15 Junio	30.6	30.37
					28 Junio		
					12 Julio		
					19 Julio		
					26 Julio		
					2 Agosto		
					4 Agosto		
9 Agosto							
Etapa Crítico	30-60	34.3	22.2	12.1	15 Junio	27.4	57.02
					28 Junio		
					12 Julio		
					19 Julio		
					26 Julio		
					2 Agosto		
					4 Agosto		
9 Agosto							
Riego	0-30	34.7	21.2	13.5	15 Junio	33.1	11.85
					21 Junio		
					28 Junio		
					5 Julio		
					12 Julio		
					19 Julio		
					26 Julio		
					2 Agosto		
					5 Agosto		
9 Agosto							
Semanal.	30-60	34.3	22.2	12.1	15 Junio	32.5	14.88
					21 Junio		
					28 Junio		
					5 Julio		
					12 Julio		
					19 Julio		
					26 Julio		
					2 Agosto		
					4 Agosto		
9 Agosto							

considerando que la pendiente de abatimiento durante el período del 4 al 9 de agosto es igual a la pendiente de abatimiento del período de la fecha del último riego a el 4 de agosto.

El abatimiento de humedad entre riego y riego, para el programa quincenal se puede observar en la figura 4, apreciándose que el mayor abatimiento se presentó en el estrato de 0-30 cm., durante el período del 28 de junio al 12 de julio, siendo al final de este período cuando se inició la tuberización, manteniéndose un abatimiento similar en el siguiente período, en el cual la tuberización se presentó en forma general y finalmente durante el período del 26 de julio al 9 de agosto se presenta una tendencia a disminuirse el abatimiento y esto se debe a que el cultivo paso a la etapa de maduración, donde los requerimientos son menores. Todo este proceso sucede en forma similar para el estrato de 30-60 cm, solo que para los períodos después del 12 de julio, los valores del abatimiento son ligeramente menores y este se debe a que la mayor parte del agua del suelo localizada en el estrato superficial, es más rápidamente tomada por las raíces de la planta.

La figura 5, presenta el abatimiento de humedad entre los períodos del programa de riego crítico, en -

CONTENIDO GRAVIMETRICO DE AGUA, Pw %

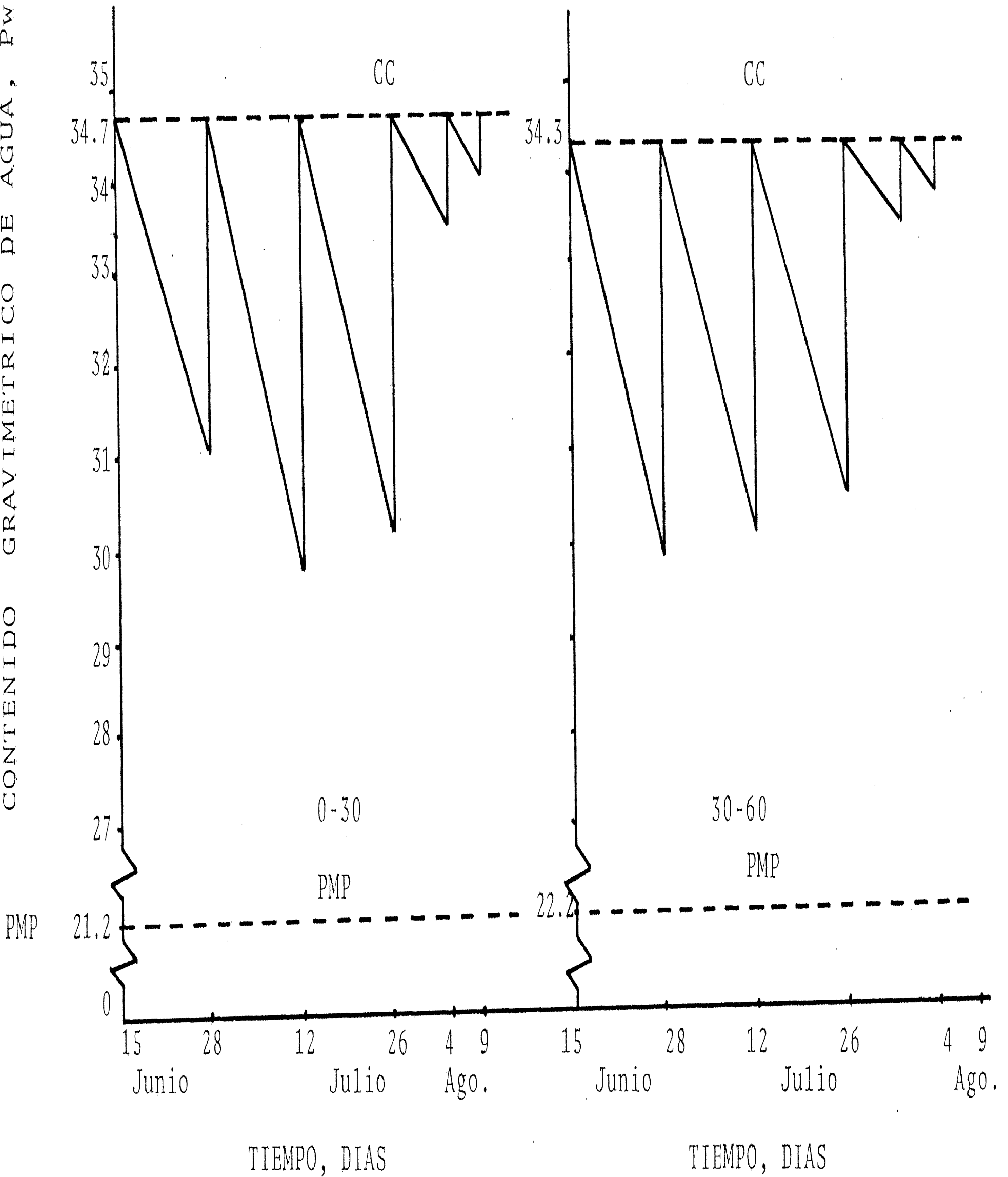


Figura 4. Abatimiento de agua en los estados de 0-30 y 30-60 cm de profundidad para el programa de riego quincenal, durante el desarrollo del cultivo de papa. Rancho "El Aguatoche", Saltillo, Coahuila. Ciclo Primavera-Verano. 1983.

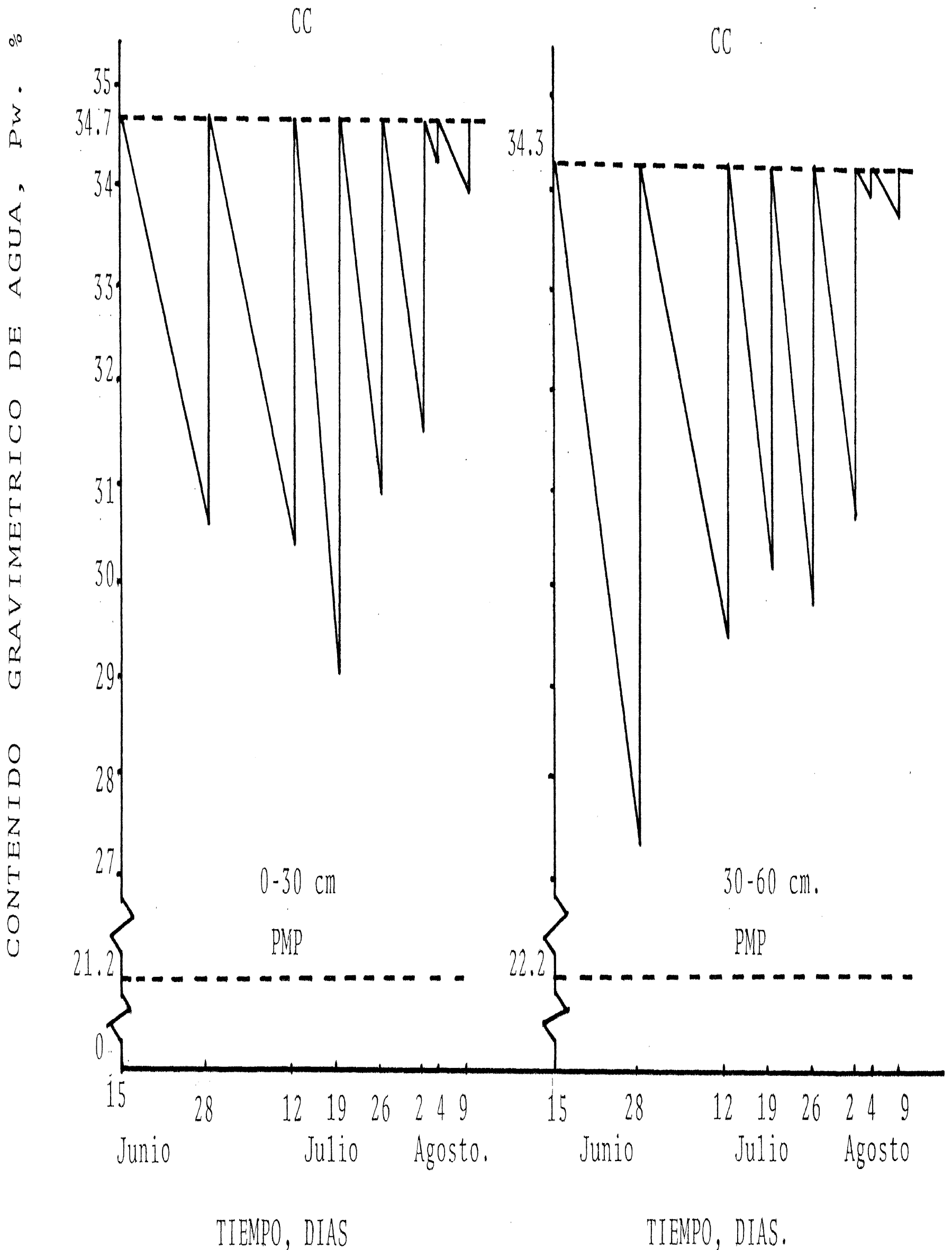


Figura 5. Abatimiento de agua en los estratos de 0-30 y 30-60 cm de profundidad para el programa de riego en etapa crítica, durante el desarrollo del cultivo de papa, Rancho "El Aguatoche", Saltillo, Coahuila. Ciclo Primavera-Verano, 1983.

el cual se aprecia que en el estrato 0-30 cm. el abatimiento hasta el 12 de julio es menor que para el siguiente período, que es cuando se presentó el inicio de la tuberización y en etapas siguientes de desarrollo del cultivo el abatimiento se ve disminuido, ya que la aplicación de los riegos se hizo semanalmente y además el cultivo requiere menor cantidad de agua que cuando se presenta la tuberización.

En el estrato 30-60 cm., en el período inicial se presenta un abatimiento elevado, alcanzándose un potencial mátrico de 2.3 bares y esto puede deberse a que la profundidad del suelo no es uniforme, pudiéndose presentar algún estrato impermeable, con el cual se impidió el paso del agua para una saturación adecuada. A partir del segundo riego, el abatimiento de humedad disminuyó a 1.3 atmósferas que comparado con las siguientes lecturas es alto, y esto se deba a que durante este período se presentó la tuberización y por lo tanto una mayor utilización del agua. Para el período del 12 al 19 de julio que es donde se generalizó la formación del tubérculo, el abatimiento es mayor en el estrato superior (1.0 bar) que en el inferior (0.9 bares), mientras que para los dos períodos comprendidos entre el 19 de julio y el 2 de agosto, el abatimiento se presenta mayor en el estrato inferior que en el

superior, lo cual probablemente se debe a que el sistema radicular se a desarrollado abajo del primer estrato.

La figura 6, nos muestra el abatimiento de humedad presentado durante el programa de riego semanal, el cual se ajusta a lo mencionado por DeLis, et al. (1964), donde nos indica que las necesidades de agua por las plantas es mayor en las etapas de estolonización y el inicio de la tuberización. Durante los períodos del 15 de junio al 12 de julio, los abatimientos de humedad se presentaron casi iguales en ambos estratos, siendo en promedio, menor en el estrato de 0-30 cm., que el de 30-60 cm., correspondiendoles un potencial mátrico de 0.5 y 0.6 bares respectivamente, pero donde los valores del potencial mátrico fueron más altos, fue en la etapa de tuberización que correspondio después del 12 de julio, alcanzandose de 0.8 bares para el estrato 0-30 cm., y de 1.2 bares para el estrato 30-60 cm. Después de este período, los abatimientos de humedad disminuyeron a medida que se aproximaba la etapa de maduración.

En términos generales, podemos observar que en nuestros programas de riego bajo estudio, los abatimientos de humedad no excedieron del 40 %, a excepción del'

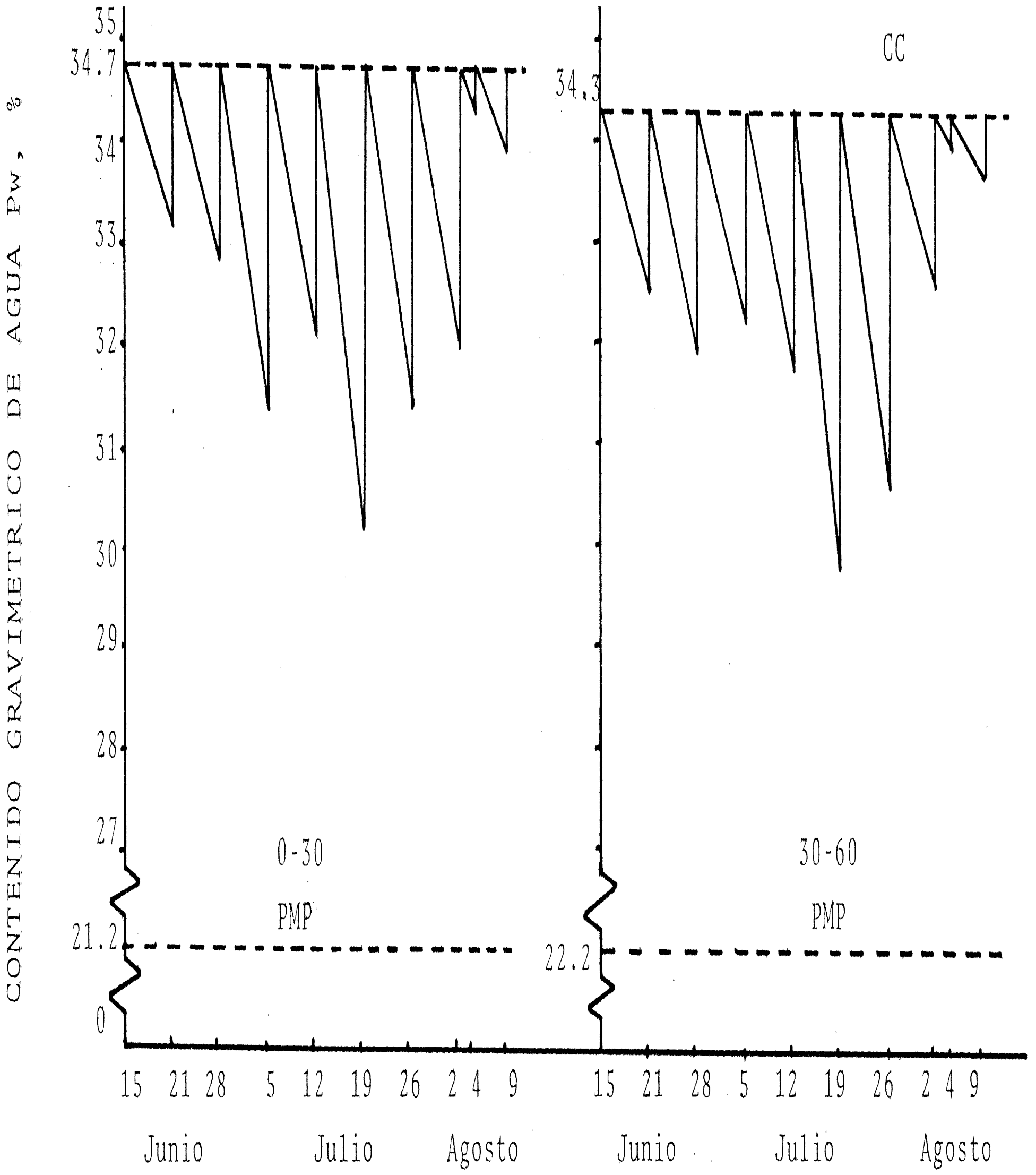


Figura 6. Abatimiento de agua en los estratos de 0-30 y 30-60 cm de profundidad para el programa de riego semanal durante el desarrollo del cultivo de papa. Rancho "El Aguatoche", Saltillo, Coahuila. Ciclo Primavera-Verano, 1983.

x

programa de riego en etapa crítica para el 19 de julio con 41.5 % en el estrato 0-30 cm. y el 28 de julio con 57 % en el estrato 30-60 cm. los cuales equivalen a -- valores de potenciales métricos de 1.0 y 2.3 bares -- respectivamente, por lo que de acuerdo a lo que reportan Fulton y Murwin (1955) los rendimientos del cultivo de la papa se ven grandemente reducidos solo cuando exceden de estos valores, por lo que podemos observar que los abatimientos de humedad no fueron muy drásticos, en este trabajo.

La figura 7, muestra la comparación de la evapotranspiración de los diferentes programas de riego - bajo estudio con respecto a la evapotranspiración máxima del cultivo calculada por el método de Blaney y Criddle, observandose que la curva del programa de riego quincenal no se ajusta a la curva de referencia, mientras que los otros dos programas siguen la tendencia a ajustarse a esa curva.

La evapotranspiración del programa de riego - quincenal para la etapa de tuberización es de 2.7 mm - por día el cual es bajo en comparación con el valor -- que reportan Doorenbos y Kassam, (1979), de 5 a 6 mm, siendo esta diferencia producida por la menor cantidad de agua aplicada durante esta etapa y en sí durante -



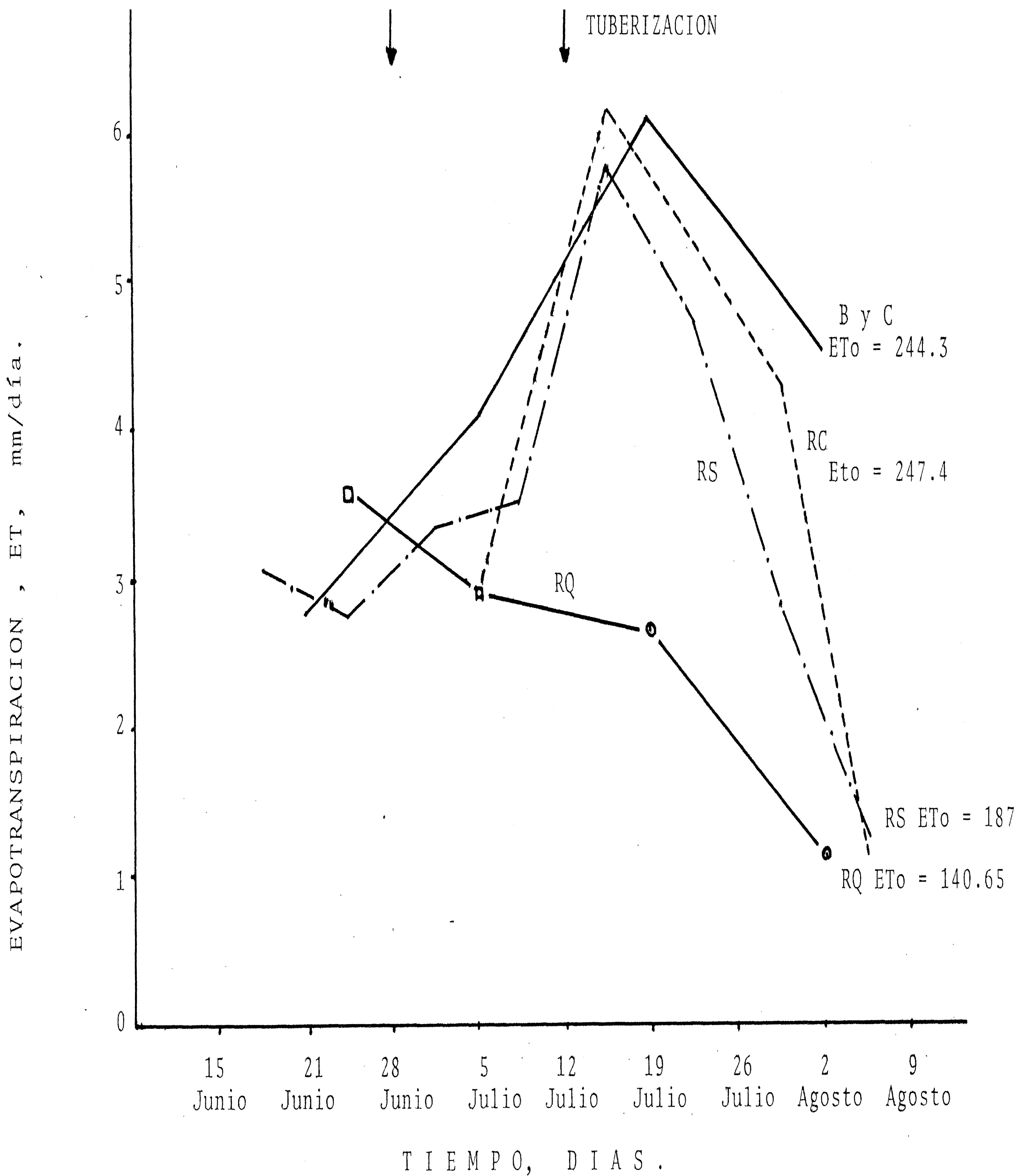


Figura 7. Comparación de la evapotranspiración de los diferentes programas de riego con respecto a la evapotranspiración máxima del cultivo calculada por el método de Blaney y Criddle. Rancho "El Aguatoche", Saltillo, Coahuila. Ciclo Primavera-Verano, 1983

todo el ciclo, y por lo que se observa, el agua fué - principalmente utilizada para la formación del tubérculo y para los otros dos programas de riego se ajustan a la curva de referencia y es máxima la evapotranspiración durante la etapa de tuberización, que es donde la planta tiene una mayor actividad. Para las etapas siguientes que son de desarrollo y maduración la evapotranspiración disminuye.

### 3. EFECTO SOBRE ALTURA DE PLANTAS.

La altura de plantas a los 83 días después de la siembra del cultivo se presenta en el cuadro 8, siendo mayor en promedio para los tratamientos que contienen en el programa de riego semanal con lo cual se deduce que el cultivo se desarrolla más rápidamente en comparación con los otros dos programas, en los cuales se aplicó menor cantidad de agua durante su ciclo. Comparando la altura entre los programas de riego quincenal y crítico no hay diferencia, lo cual puede deberse a que durante las primeras etapas fue aplicada una misma cantidad de agua, por lo que el desarrollo vegetal fue muy similar en ambos casos.

Se realizó un análisis de regresión lineal simple entre la altura de plantas y la producción de tubérculo obteniéndose un coeficiente de correlación de

Cuadro 8. Valores observados en altura de plantas (cm), 83 días después de la siembra. Cultivo de papa, Rancho "El Aguatoche", Saltillo, Coahuila. Ciclo Primavera-Verano, 1983.

Tratamiento	Altura cm.
RQ-OS-0V	48.3
RQ-OS-0.5V	49.5
RQ-1.0S-0V	49.9
RQ-1.0S-0.5V	48.3
RC-OS-0V	50.8
RC-OS-0.5V	48.7
RC-1.0S-0V	49.7
RC-1.0S-0.5V	47.6
RS-OS-0V	53.5
RS-OS-0.5V	50.7
RS-1.0S-0V	54.6
RS-1.0S-0.5V	54.0

0.0476, lo cual nos indica que los grandes valores de altura de plantas están asociados con pequeños valores de rendimientos, por lo que se deduce que crecimientos elevados en la planta nos reduce el rendimiento.

#### 4. PRODUCCION DE MATERIA SECA.

La producción de materia seca, sobre la producción en raíz, tubérculo, follaje y total se muestra en el cuadro 9, datos que fueron evaluados a los 83 días después de realizada la siembra, reportándose que para el programa de riego crítico se obtuvo una mayor producción de materia seca, mostrándose la mayor diferencia sobre todo en la producción de tubérculo, lo cual sucedió al momento de la cosecha, que fué donde se obtuvo el tratamiento con mayor rendimiento.

#### 5. PRODUCCION Y CALIDAD DEL TUBERCULO.

La producción total de tubérculo obtenida en cada una de las unidades experimentales se muestra en el cuadro 10, donde se aprecia que los rendimientos entre los doce tratamientos varió de 8.5 ton./ha. para el tratamiento RQ-1.05-0.V hasta 12.98 ton/ha para el tratamiento RC-05-0.5V.

El análisis de varianza realizado para el rendimiento total del tubérculo, nos indica que existe --

Cuadro 9. Características promedio de los tratamientos bajo un mismo programa de riego, sobre la producción de materia seca (ton/ha) en raíz, tubérculo, follaje y total, evaluados a los 83 días después de la siembra cultivo de papa, rancho "El Aguatoche", Saltillo, Coahuila. Ciclo - Primavera-Verano, 1983.

Programa de riego	P e s o			
	Raíz	Tubérculo	Follaje	Total
Riego quincenal	0.341	3.933	1.331	5.605
Riego crítico	0.781	6.089	2.332	9.202
Riego semanal	0.506	4.714	2.046	7.266

Cuadro 10. Producción total de tubérculo (ton/ha), obtenida en cada una de las unidades experimentales. Rancho "El Aguatoche", Saltillo, Coahuila, Ciclo Primavera-Verano. 1983.

Tratamiento	B l o q u e s				Total	Media
	I	II	III	IV		
RQ-OS-0V	7.80	7.30	15.60	8.80	39.50	9.88
RQ-OS-0.5V	10.50	11.40	13.00	11.00	45.90	11.48
RQ-1.0S-0V	6.60	10.10	8.40	8.90	34.00	8.50
RQ-1.0S-0.5V	9.60	10.90	12.30	16.00	48.80	12.20
RC-OS-0V	4.20	11.50	10.0	8.50	34.20	8.55
RC-OS-0.5V	11.10	11.70	16.50	12.60	51.90	12.98
RC-1.0S-0V	8.00	11.50	13.60	14.50	47.60	11.90
RC-1.0S-0.5V	10.10	13.10	16.00	10.00	49.20	12.30
RS-OS.0V	11.20	14.10	11.00	11.00	47.30	11.83
RS-OS-0.5V	8.60	13.40	7.50	14.70	44.20	11.05
RS-1.0S.0V	7.40	15.60	8.00	16.50	47.50	11.88
RS-1.0S-0.5V	7.30	11.70	11.10	13.90	44.00	11.00
	$\bar{X} = 8.53$	11.86	11.92	12.20		$\bar{X} = 11.13$

Cuadro 10. Producción total de tubérculo (ton/ha), obtenida en cada una de las unidades experimentales. Rancho "El Aguatoche", Saltillo, Coahuila, Ciclo Primavera-Verano. 1983.

Tratamiento	B l o q u e s				Total	Media
	I	II	III	IV		
RQ-OS-0V	7.80	7.30	15.60	8.80	39.50	9.88
RQ-OS-0.5V	10.50	11.40	13.00	11.00	45.90	11.48
RQ-1.0S-0V	6.60	10.10	8.40	8.90	34.00	8.50
RQ-1.0S-0.5V	9.60	10.90	12.30	16.00	48.80	12.20
RC-OS-0V	4.20	11.50	10.0	8.50	34.20	8.55
RC-OS-0.5V	11.10	11.70	16.50	12.60	51.90	12.98
RC-1.0S-0V	8.00	11.50	13.60	14.50	47.60	11.90
RC-1.0S-0.5V	10.10	13.10	16.00	10.00	49.20	12.30
RS-OS.0V	11.20	14.10	11.00	11.00	47.30	11.83
RS-OS-0.5V	8.60	13.40	7.50	14.70	44.20	11.05
RS-1.0S.0V	7.40	15.60	8.00	16.50	47.50	11.88
RS-1.0S-0.5V	7.30	11.70	11.10	13.90	44.00	11.00
	$\bar{X} = 8.53$	11.86	11.92	12.20		$\bar{X} = 11.13$

diferencia significativa en el factor vermiculita, con lo cual se deduce que induce un cambio en la producción del tubérculo, además el análisis nos reporta que no existe diferencia significativa para ninguna otra fuente de variación, incluyendo los bloques o repeticiones, que aunque en uno de ellos (el primero) la media de producción es baja, el análisis muestra homogeneidad entre bloques.

El coeficiente de variación que presentó el experimento para parcelas chicas fue 19,30 %, el cual es considerado dentro de un límite adecuado para este tipo de estudios y para parcelas grandes el coeficiente de variación fue de 33,54 %, lo cual es de esperarse dado que es más difícil encontrar condiciones homogéneas en superficies grandes, lo anterior se indica en el cuadro 11.

Para determinar estadísticamente cual de los niveles de vermiculita es el que induce un incremento en el rendimiento, se realizó una prueba sobre medias, obteniéndose un valor de comparación para un 5 % de DMS = 1.3024 obteniéndose que el nivel de 500 kg/ha. de vermiculita (0.5V) es el mejor en cuanto al estímulo de mejorar la producción.



Cuadro 11. Análisis de varianza realizado al rendimiento total de tubérculo (ton/ha.), Rancho "El Aguatoche", Saltillo, Coahuila, Ciclo Primavera-Verano, 1983.

F.V.	G.L.	SC.	CM.	FC.	F T a b l a s		CV. %
					0.05	0.01	
Bloques	3	108.44	36.15	2.60	4.76	9.78	-
Riego	2	9.07	4.53	0.33	5.14	10.92	33.54
Error PG.	6	83.55	13.93	-	-	-	18.18
Azufre	1	1.37	1.37	0.33	5.12	10.56	19.30
Riego x Azufre	2	6.21	3.12	0.76	4.26	8.02	-
Error PM	9	36.82	4.09	-	-	-	-
Vermiculita	1	23.94	23.94	5.19*	4.41	8.28	-
Riego x Vermiculita	2	30.15	15.08	3.27	3.55	6.01	-
Azufre x Vermiculita	1	1.37	1.37	0.30	4.41	8.28	-
Riego x azufre x Vermic.	2	19.25	9.63	2.09	3.55	6.01	-
Error PCH	18	83.00	4.61	-	-	-	-
Total	47	403.17	-	-	-	-	-

Además, en el análisis de varianza del cuadro 11, se observa que la interacción Riego-Vermiculita se aproxima a significancia estadística, por lo que se realizó un análisis de varianza para la interpretación de esta interacción, el cual se muestra en el cuadro 12, reportándose significancia en dos de las interacciones de vermiculita con riego quincenal y crítico, realizándose pruebas sobre medias y encontrándose que el nivel 0.5V es el que produce un mejor estímulo sobre la producción de tubérculo en ambos programas de riego y a su vez una comparación entre los dos programas nos indica que la vermiculita mejora la producción de tubérculos en mayor grado en combinación con el riego crítico.

En cuanto a los rendimientos de papa de primera, los cuales se muestran en el cuadro 13, fueron demasiado bajos, variando desde 0.290 ton/ha. en dos de los doce tratamientos, los cuales son RQ-05-0.5V y el RC-05-0.5V hasta 1.6 ton/ha. del tratamiento RS-1.05-0V, con lo cual se observa que los programas de riego con menor cantidad de agua aplicada, sí nos afecta a la calidad del tubérculo, ya que mediante un análisis de varianza a los datos de rendimiento en tubérculo de primera, que se muestra en el cuadro 14, no se reporta diferencia significativa en ninguna de las fuentes de --

Cuadro 12. Análisis de varianza para la interpretación de la interacción riego por vermiculita, en producción total de tubérculo, Rancho "El Aguatoche", Saltillo, Coahuila. Ciclo Primavera-Verano, 1983.

F.V.	G.L	SC	CM	FC	T a b l a s	
					F	
					0.5	0.01
Riegos/OV	2	28.8158	14.4079	3.1245	3.55	6.01
Riegos/O.5V	2	10.4008	5.2004	1.1278	3.55	6.01
Vermiculita/RQ	1	28.0900	28.0900	6.0917*	4.41	8.28
Vermiculita/RC	1	23.2806	23.2806	5.0487*	4.41	8.28
Vermiculita/RS	1	2.7225	2.7225	< 1	4.41	8.28
Error (PCH)	18	83.0010	4.6112	-	-	-

Cuadro 13. Rendimiento promedio de papa de "Primera" (en base al diámetro del tubérculo), para los 12 tratamientos bajo estudio. Rancho "El Agua toche", Saltillo, Coahuila, Ciclo Primavera-Verano, 1983.

Tratamiento	Rendimiento Promedio ton/ha.
RQ-OS-0V	0.560
RQ-OS-0.5V	0.290
RQ-1.0S-0V	0.420
RQ-1.0S-0.5V	0.430
RC-OS-0V	0.290
RC-OS-0.5V	0.790
RC-1.0S-0V	0.350
RC-1.0S-0.5V	0.490
RS-OS-0V	0.560
RS-OS-0.5V	0.390
RS-1.0S-0V	1.600
RS-1.0S-0.5V	0.370

Cuadro 14. Análisis de varianza realizado al rendimiento en tubérculos de "Primera", Rancho "El Aguatoche", Saltillo, Coahuila. Ciclo Primavera-Verano, 1983.

FV	GL	SC	CM	FC	F T a b l a s	
					0.05	0.01
Bloques	3	0.755	0.252	-	-	-
Riego	2	0.837	0.418	0.83	5.14	10.92
Error PG	6	3.033	0.506	-	-	-
Azufre	1	0.214	0.214	0.68	5.12	10.56
Riego x Azufre	2	0.906	0.453	1.44	4.26	8.02
Error PM	9	2.834	0.315	-	-	-
Vermiculita	1	0.345	0.345	0.92	4.41	8.29
Riego x Vermiculita	2	2.084	1.042	2.76	3.55	6.01
Azufre x Vermiculita	1	0.433	0.433	1.15	4.41	8.28
Riego x Azufre x Ver miculita	2	0.901	0.450	1.19	3.55	6.01
Error PM	18	0.789	0.377	-	-	-
Total.	47	19.131	-	-	-	-

variación, pero se observa que la interacción riego-vermiculita es la que se aproxima a una diferencia significativa, por lo que nuevamente se procede a realizar un análisis de varianza para la interpretación de esta interacción, que se muestra en el cuadro 15, reportando diferencia significativa para la interacción de la vermiculita con el riego semanal, por lo que mediante una comparación entre medias de tratamiento, nos indica que el nivel 0 kg/ha. de vermiculita (OV) nos da una mayor producción de tubérculo, y esto probablemente se debe a que durante el riego semanal, el suelo que contenía vermiculita se saturó durante períodos mayores que para un suelo sin vermiculita, disminuyendose de esta manera la aereación del suelo y de acuerdo a lo reportado por Jackson (1962) el crecimiento de la planta se ve afectado, disminuyendose, por lo tanto, la producción de tubérculo.

Los rendimientos de papa de segunda fueron homogéneos para los doce tratamientos bajo estudio, excepto para el programa de riego quincenal, que es donde se registró el rendimiento más bajo para el tratamiento RQ-1.05-OV, como se observa en el cuadro 16, con lo cual podemos suponer que la diferencia de agua en períodos prolongados disminuyen los rendimientos, mientras que para los otros dos programas de riego no se presenta

Cuadro 15. Análisis de varianza para la interpretación de la interacción riego por vermiculita en producción de tubérculo de primera, Rancho "El Aguatoche", Saltillo, Coahuila, Ciclo Primavera-Verano, 1983.

F.V	G.L	SC.	CM.	FC	T a b l a s .	
					F 0.05	0.01
Riegos/OV	2	2.5295	1.2648	3.3530	3.55	6.01
Riegos/0.5V	2	0.3861	0.1930	<1.0	3.55	6.01
Vermiculita/RQ	1	0.0600	0.0600	<1.0	4.41	8.28
Vermiculita/RC	1	0.3969	0.3969	1.0522	4.41	8.28
Vermiculita/RS	1	1.9670	1.9670	5.2147 *	4.41	8.28
Error (PCH)	18	6.7887	0.3772	-	-	-

Cuadro 16. Rendimientos promedio de papa de "Segunda" (en base al diámetro del tubérculo), para los 12 tratamientos bajo estudio. Rancho "El Aguatoche", Saltillo, Coahuila, Ciclo Primavera-Verano, 1983.

Tratamiento	Rendimiento promedio ton/ha.
RQ-OS-0V	4.260
RQ-OS-0.5V	4.960
RQ-1.0S-0V	3.760
RQ-1.0S-0.5V	5.540
RC-OS-0V	4.050
RC-OS-0.5V	5.780
RC-1.0S-0V	6.060
RC-1.0S-0.5V	5.970
RS-OS-0V	5.870
RS-OS-0.5V	5.400
RS-1.0S-0V	5.230
RS-1.0S-0.5V	5.350



diferencia en producción de esta clase de tubérculo, por lo que se puede suponer que la aplicación de agua en períodos quincenales durante las etapas de desarrollo inicial no presenta diferencia con el programa semanal; sin embargo el análisis de varianza practicado para el rendimiento de tubérculo de segunda, mostrado en el cuadro 17, no reporta diferencia significativa en las fuentes de variación.

Para los rendimientos en papa de tercera, los cuales se muestran en el cuadro 18, el rendimiento máximo es para el tratamiento RC-05-0.5V con 6.410 ton/ha. y el menor para el tratamiento RC-05-0V, con lo cual se observa claramente el efecto de la vermiculita como un material con capacidad de retención de humedad, y realizando el análisis de varianza, cuando 19, nos reporta diferencia significativa en el factor vermiculita, por lo que se procedió a realizar una prueba sobre las medidas de tratamiento, determinandose que el nivel 0.5V es el que estimuló una mayor producción de tubérculo de tercera.

Sobre el análisis gráfico de los rendimientos, se observa en la figura 8, en la interacción azufre-vermiculita, que la producción se ve favorecida con la aplicación de vermiculita sobre los niveles de azufre, aunque para el mismo nivel de vermiculita de 0.5V no

Cuadro 17. Análisis de varianza realizado al rendimiento de tubérculo de "Segunda", Rancho "El Aguatoche", Saltillo, Coahuila, Ciclo Primavera-Verano, 1983.

F.V.	G.L	SC	CM	FC	F <u>T a b l a s</u> .	
					0.05	0.01
Bloques	3	21.127	7.042	-	-	-
Riego	2	7.422	8.711	1.15	5.14	10.92
Error PG	6	19.360	3.227	-	-	-
Azufre	1	0.825	0.825	0.68	-	-
Riego x azufre	2	4.452	2.276	1.84	4.26	8.22
Error PM	9	10.884	1.204	-	-	-
Vermiculita	1	4.719	4.719	1.77	-	-
Riego x Vermiculita	2	4.244	2.122	0.80	-	-
Azufre x Vermiculita	1	0.008	0.008	0.00	-	-
Riego x Azufre x Vermiculita	2	4.796	2.398	0.90	-	-
Error PCH	18	48.023	2.668	-	-	-
Total	47	125.862	-	-	-	-

Cuadro 18. Rendimientos promedio de papa de "Tercera" (en base al diámetro del tubérculo), para los 12 tratamientos bajo estudio. Rancho "El Aguatoche". Saltillo, Coahuila. Ciclo Primavera-Verano, 1983.

Tratamiento	Rendimiento Promedio ton/ha.
RQ-OS-OV	5.060
RQ-OS-0.5V	6.200
RQ-1.OS-OV	4.320
RQ-1.OS-0.5V	6.180
RC-OS-OV	4.190
RC-OS-0.5V	6.410
RC-1.OS-OV	5.460
RC-1.OS-0.5V	5.840
RS-OS-OV	5.380
RS-OS-0.5V	5.270
RS-1.OS-OV	5.040
RS-1.OS-0.5V	5.270

Cuadro 19. Análisis de varianza realizado al rendimiento en tubérculo de "Tercera", Rancho "El Aguatoche", Saltillo, Coahuila, Ciclo Primavera-Verano, 1983.

F.V.	G.L.	SC	CM	FC	F T a b l a s	
					0.05	0.01
Bloques	3	38.852	12.951	-	-	-
Riego	2	0.509	0.255	0.05	5.14	10.92
Error PG	6	30.185	5.031	-	-	-
Azufre	1	0.054	0.054	0.03	5.12	10.56
Riego x Azufre	2	1.113	0.557	0.33	4.26	8.22
Error PM	9	15.327	1.703	-	-	-
Vermiculita	1	10.964	10.964	6.05 *	4.41	8.28
Riego x Vermiculita	2	4.878	2.439	1.35	1.55	6.01
Azufre x Vermiculita	1	0.198	0.198	0.11	4.41	8.28
Riego x Azufre x Vermiculita	2	3.807	1.904	1.05	3.55	6.01
Error PCH	18	32.599	1.811	-	-	-
Total.	47	138.486	-	-	-	-

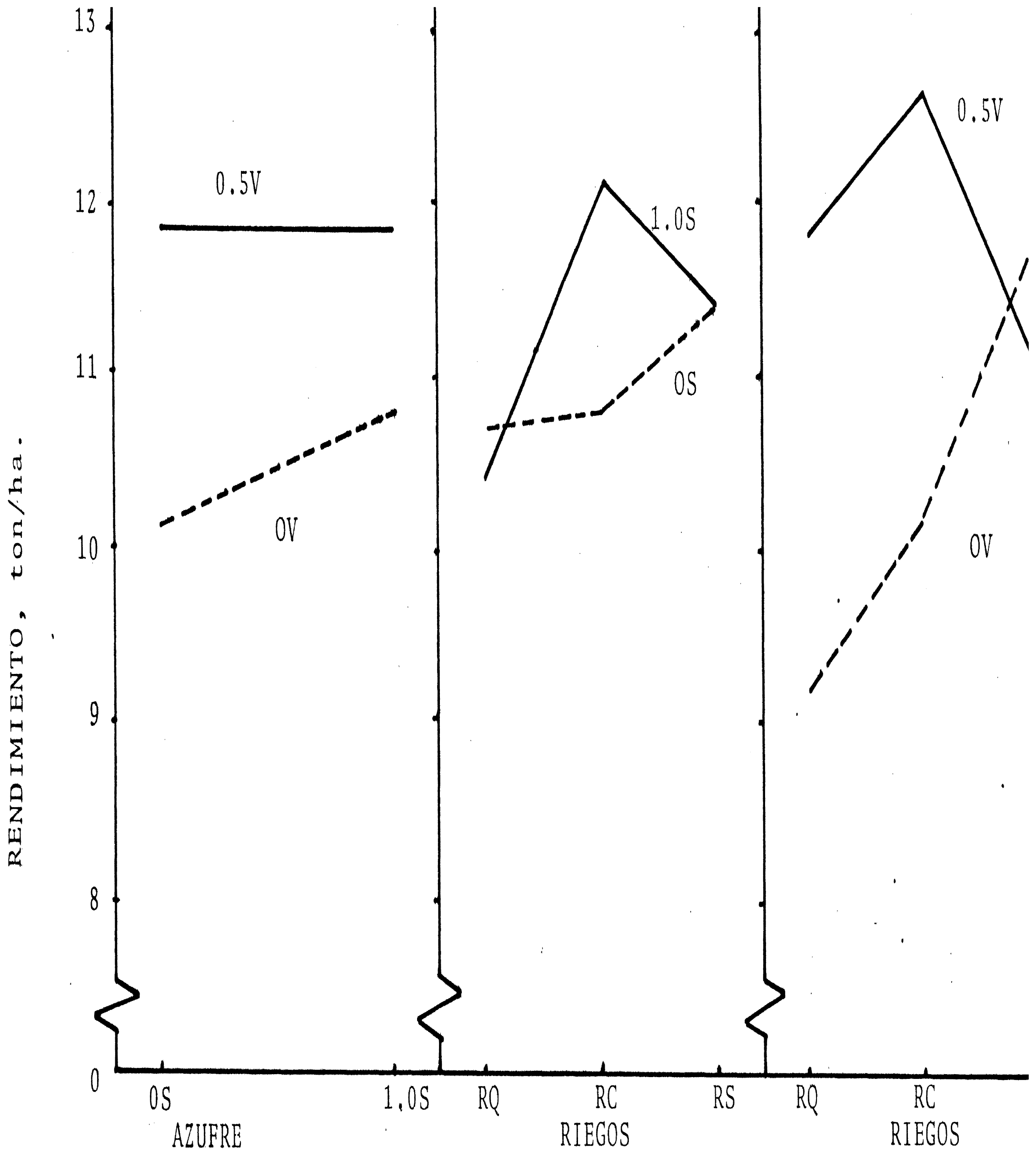


Figura 8. Respuesta sobre el rendimiento total del tubérculo a las aplicaciones de los factores riego, azufre y vermiculita. Rancho "EL Aguatoche", - Saltillo, Coahuila. Ciclo Primavera-Verano, 1983.

hubo diferencia significativa en la producción con respecto a los niveles de azufre, mientras que en el nivel de 0V, se presentó una tendencia favorable a la producción sobre el nivel de 1000 kg/ha de azufre (1.0S).

En la misma figura 8, pero en la interacción riego-azufre, se aprecia que para el nivel 1.0S, el mejor rendimiento se presenta sobre el riego crítico, por lo que es de suponerse que el azufre bajo condiciones de sequedad del suelo o con humedad excesiva no favorece a la producción del cultivo, como lo reportó Ibarra (1959), mientras que para el nivel de 0 kg/ha de azufre (0S) la tendencia a obtener mayores rendimientos son obtenidos por el riego semanal, por lo que no es conveniente la aplicación de azufre cuando la cantidad de agua que se aplique durante el ciclo del cultivo sea grande.

Para la interacción riego-vermiculita que se encuentra también en la figura 8, se muestra que para el nivel 0.5V presenta el rendimiento más elevado para el riego crítico y disminuye drásticamente para el programa de riego semanal, por lo que puede deberse a que la vermiculita retuvo humedad, provocando problemas de aereación y por consiguiente un mal desarrollo de la planta. En el nivel 0V, el incremento en la producción

va acompañado de una mayor cantidad de agua aplicada durante el ciclo del cultivo y esto probablemente se debe a que sin la presencia del mejorador físico, el suelo retuvo la cantidad adecuada de humedad para el consumo por la planta sin presentarse problemas de saturación en el suelo y por consiguiente una mejor aeración.

La representación gráfica por separado de la interacción de cada uno de los programas de riego con el azufre y la vermiculita, se muestra en la figura 9, observandose que para el programa de riego quincenal la presencia de vermiculita con el azufre presenta una tendencia a mejorar la producción del tubérculo, mientras que sin vermiculita y azufre la tendencia es contraria.

Para la interacción del programa de riego crítico combinado con el azufre y la vermiculita, se observa una producción mayor cuando se encuentra presente la vermiculita sin azufre y disminuye cuando el azufre se presenta; y en ausencia de vermiculita, combinada con el nivel bajo de azufre la producción de tubérculo fue mínima y con la presencia de azufre se presenta un incremento considerable en la producción de 3 ton/ha, lo cual nos indica claramente que el azufre en el suelo

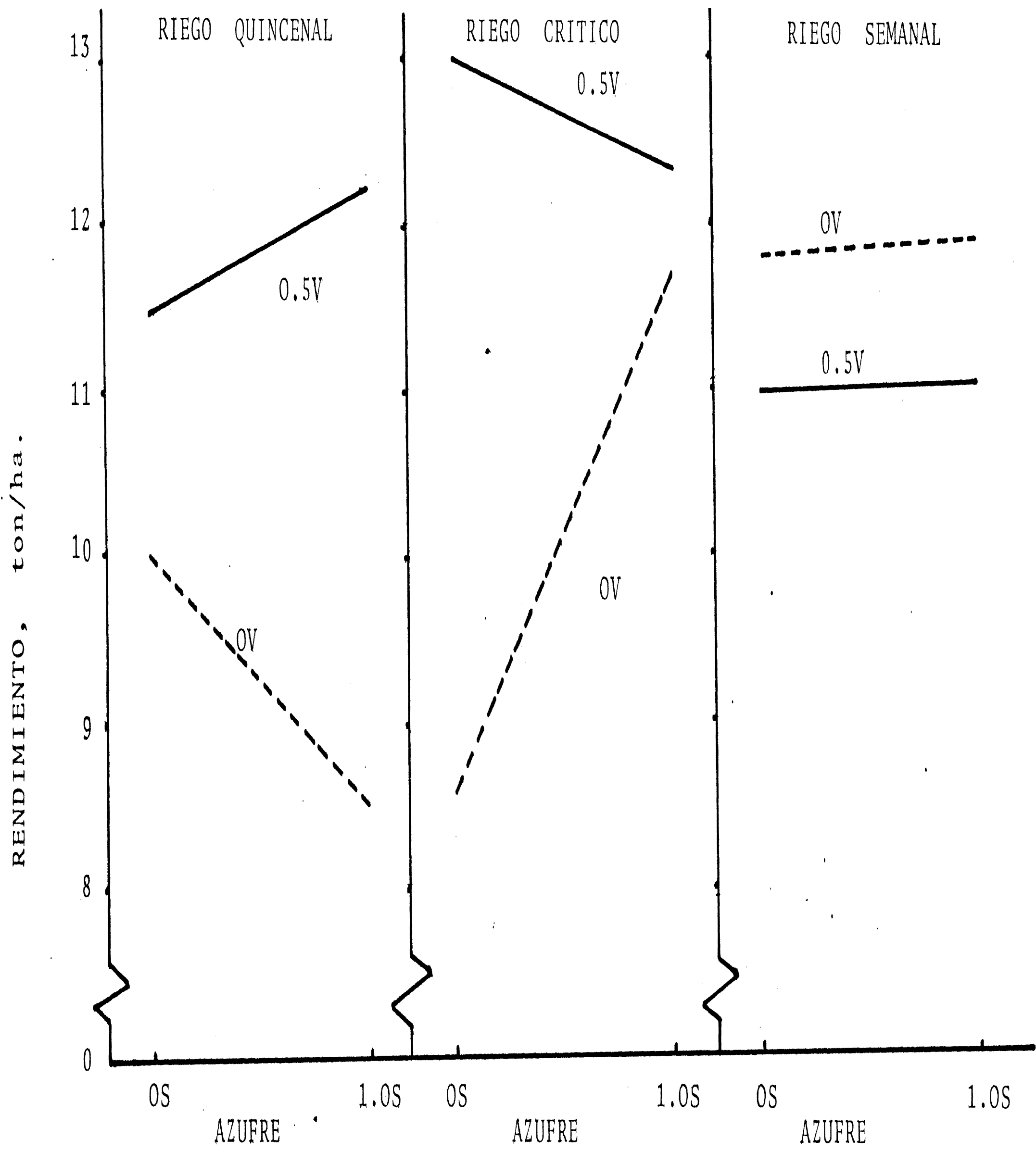


Figura 9. Respuesta sobre el rendimiento total de tubérculo a las aplicaciones de azufre y vermiculita sobre los diferentes programas de riego. Rancho "El Aguatoche", Saltillo, Coahuila. Ciclo Primavera-Verano, 1983.



bajo condiciones adecuadas de humedad produce buenos resultados, y cuando la vermiculita esta presente, se retiene mayor cantidad de agua y el azufre no es oxidado a ion sulfato, forma en la que es asimilado por las plantas, de acuerdo a lo que mencionan Buckman y Brady (1977).

Para el programa de riego semanal combinado con el azufre y la vermiculita, la cual también es mostrada en la figura 9, se observa que los rendimientos son mayores cuando la vermiculita no esta presente en el suelo y permanece invariable con respecto a los niveles de azufre, lo cual sucede cuando la vermiculita esta presente. Se observa que cuando los riegos son frecuentes, la presencia de la vermiculita producirá problemas de aereación por su capacidad de retención de humedad y por consiguiente limitará el buen desarrollo del cultivo.

#### 6. EFICIENCIA EN EL USO DE AGUA.

El cuadro 20, muestra la eficiencia en el uso de agua (rendimiento medio de cada tratamiento entre la evapotranspiración del cultivo) en donde se puede observar que el tratamiento RQ-1,0S-0.5V nos reporta el valor más elevado que es de 86,740 kg/mm y que comparado con el valor de 34.559 kg/mm que es del tratamiento --

Cuadro 20. Eficiencia en el uso de agua (rendimiento medio de cada tratamiento entre la evapotranspiración del cultivo), para los 12 tratamientos bajo estudio. Rancho "El Aguatoche", Saltillo, Coahuila, ciclo Primavera-Verano, 1983.

	Medias de tratamiento kg/ha.	Evapotrans- piración del cultivo mm	Eficiencia en el uso de agua, kg/mm
RQ-OS-OV	9,880	140.65	70.245
RQ-1.OS-0.5V	11,480	140.65	81.621
RQ-OS-OV	8,500	140.65	60.434
RQ-1.OS-0.5V	12,200	140.65	86.740
RC-OS-OV	8,550	247.40	34.559
RC-1.OS-0.5V	12,980	247.40	52.466
RC-OS-OV	11,900	247.40	48.100
RC-1.OS-0.5V	12,300	247.40	49.717
Rs-OS-OV	11,830	187.00	63.262
RS-1.OS-0.5V	11,050	187.00	54.091
RS-OS-OV	11,880	187.00	63.529
RS-1.OS-0.5V	11,000	187.00	58.824

RC-OS-OV que es el valor mas bajo, se puede notar que la presencia de la vermiculita es importante en cuanto a la producción de tubérculo en el cultivo de papa.

En cuanto a los diferentes programas de riego bajo estudio se puede observar que en general el programa de riego quincenal produjo una mayor eficiencia en el uso del agua, ya que como se demostró anteriormente, no existe diferencia significativa entre los programas, por lo que las producciones de tubérculo fueron similares y como el programa de riego quincenal es el que presenta menor evapotranspiración por ser el tratamiento en el que se aplicó menor cantidad de agua nos reporta altos valores de eficiencia en el uso de agua.

## 7. ANALISIS ECONOMICO.

El cultivo de papa es uno de los que requiere de grandes inversiones para lograr buenos resultados, por lo que es necesario realizar un análisis económico y que para este caso en particular se hace con respecto al factor vermiculita, ya que fue el unico que nos reportó diferencia significativa, ya que para los otros dos factores estudiados que fueron programas de riego y azufre, económicamente seran recomendados aquellos donde se realicen menores gastos, que serían el programa de riego quincenal y el nivel de 0 ton/ha. de azufre, respectivamente.

Mediante el análisis económico propuesto por Perrin et al (1976) se obtuvo el cuadro 21, el cual muestra el presupuesto parcial de datos promedios, en el cual se puede observar que el precio de compra por tonelada de papa fue en promedio de \$ 40,000.00 y que el precio de la vermiculita puesta en el campo fue para el año de 1983, de aproximadamente \$ 30,000.00 por tonelada, se obtuvieron los beneficios netos para el nivel 0 ton/ha. de vermiculita con # 375,240.00 y para el nivel 0.5 ton/ha. de vermiculita con \$ 410,760.00 por tonelada.

El cuadro 22 muestra el análisis marginal de tratamientos de vermiculita no dominados, en donde se obtuvo que la tasa de retorno marginal fue del 43.07 % por lo que es aceptable la aplicación de vermiculita al suelo y por consiguiente, económicamente redituable.

Cuadro 21. Presupuesto parcial de datos promedios, para los tratamientos de vermiculita (0 y 0.5 ton/ha). Rancho "El -- Aguatoche", Saltillo, Coahuila. Ciclo Primavera-Verano, 1983.

CONCEPTO	Tratamiento de vermiculita (ton/ha)	
	0	0.5
Rendimiento promedio (ton/ha)	10.423	11.835
Rendimiento ajustado (ton/ha)	9.381	10.652
Beneficio bruto de campo (\$/ha a 40,000.00 ton.)	375,240	426,060
Costos monetarios variables: Vermiculita (\$ 30.00/kg en el campo)	0	15,000
Costos monetarios variables (\$/ha).	0	15,000
Costos variables de oportunidad: Número requerido de aplicaciones	0	1
Costo por aplicación (1 día a \$ 300.00)	300	300
Costo de oportunidad variables (\$/ha)	0	300
Total de costos variables (\$/ha)	0	15,300
Beneficio neto (\$/ha)	375,240	410,760

Cuadro 22. Análisis marginal de tratamientos de vermiculita no dominados. Rancho "El Aguatoche", Saltillo, Coahuila. Ciclo Primavera-Verano, 1983.

CAMBIO CON RESPECTO AL BENEFICIO PROXIMO SUPERIOR

Beneficio neto	Tratamientos de Vermiculita	Costo variable	Incremento marginal en beneficio neto	Incremento marginal en coto variable	Tasa de retor_ no marginal
410,760	0	15,300	35,520	15,300	43.07 %
375,240	0.5	0	0		32.1 %

## VI. CONCLUSIONES.

1. Los diferentes programas de riego estudiados no presentaron diferencia significativa sobre la producción y calidad de tubérculo, aunque se puede destacar que el tratamiento RC - OS - 0.5V, que contiene al programa de riego crítico, produjo el rendimiento más alto de los doce tratamientos bajo estudio, que fue de 12.98 ton/ha, por lo que se recomienda utilizar el programa de riego crítico.
2. El efecto de la vermiculita fue favorable sobre la producción de tubérculo, presentandose mejores rendimientos para aquellos tratamientos con 0.5 ton/ha. de vermiculita que para aquellos sin este mejorador, destacando que el tratamiento RC - OS - 0.5V con 12.98 ton/ha. fue el de mejor producción.
3. Economicamente, es recomendable la aplicación de 0.5 ton/ha de vermiculita en el cultivo de papa, como se demuestra en la tasa de retorno marginal que es de un 43.07 %.
4. La aplicación de azufre no presentó diferencia significativa sobre la producción y calidad de tubérculo, ya

que casi permaneció inalterado en el suelo, por lo que se recomienda que la aplicación al suelo sea hecha con anticipación al ciclo agrícola.

5. La altura de plantas fue estimulada por la aplicación de riegos semanales, más no en la producción de materia seca (raíz, tubérculo, follaje y total) ya que el programa de riego crítico presentó mayor efecto sobre este parámetro.



## VII. BIBLIOGRAFIA.

- Alexander, M., 1961. Introduction to Soil Microbiology. First ed. John Weley and Sons, Inc. New York, N.Y.
- Bartholomew, W.V. 1957. Maintaning organic matter. Year book of agriculture U.S.D.A. Washington.
- Baver, L.D., W.H. Gardner y W.R. Gardner. 1980. Física de Suelos. Primera edición' Editorial U.T.E.H.A. México, D.F.
- Becerra, R.S. 1969. Ensayo de densidades de siembra en papa en la región de Chapingo, México. Tesis profesional. U.A.CH., Chapingo, México.
- Brauer, H.O. 1969. Fitogenética Aplicada, Editorial - Limusa, México, D.F.
- Buckman, H.O. y N.C. Brady. 1977. Naturaleza y propiedades de los suelos. Primera edición. Editorial Montaner y Simon, S.A., Barcelona, España.
- Collings, G.H. 1958. Fertilizantes comerciales. Primera edición. Salvat editores, S.A. Barcelona, España.
- Cullen, J.C. y A.R. Wilson. 1971. Producción comercial de plantas y su almacenamiento. Ed. Arciba. Zaragoza, España.
- Dana, E.S. y W.E. Ford. 1976. Tratado de mineralogía. Compañía editorial continental, S.A. México, D.F.

- DeLis, B.R., I. Ponce and R. Tirzo. 1964. Studies on --  
water requirement of horticultural crops. I.  
Influence of drought at different growth stages  
of potato on the tuber's yield. Agron. J. -  
56: 377 - 381.
- Doorenbos, J. and A.H. Kassam. 1979. Yield response to  
water. F.A.O. Irrigation and Drainage paper  
33. Roma.
- Doorenbos, J. y W.O Pruitt. 1976. Las necesidades de agua  
de los cultivos. F.A.O. Riego y Drenaje. 24  
Roma.
- Dubetz, S. and E.H. Hobbs. 1974. Irrigation water. Its  
use and application. Agriculture Canada.  
Ottawa.
- Emmons, W.H., et al. 1963. Geología: Principios y Pro-  
cesos. Quinta edición. Mc. Graw-Hill Book  
Co. Inc. New York.
- Fabiani, L. 1967. La patata. Editorial AEDOS, Barcelona,  
España.
- Fulton, J.M. and H.F. Murwin. 1955. The relationship  
between available soil moisture levels and  
potato yields. Can. J. Agr. Sci. 35 : 552-556.
- Gurbachan, S. and R. A. Struchtemeyer. 1976. Anatomical  
response of potato stems and roots to soil  
moisture and rates of fertilizer. Agron. J.  
68 : 634-638.

- Hiller, L.K. and D.C. Koller. 1979. Potato growth responses in arcillate and sand. Hort. Sci -- 14 : 534 - 536.
- Ibarra, A.J. 1959. Influencia de la humedad y aereación en la oxidación del azufre en un suelo alcalino-calcareo. Tesis profesional . I.T.E.S.M. Monterrey, México.
- Jackson, L.P. 1962. The relation of Soil aereation to the growth of potato sets. Am. Potato J. 39 : 436 - 438.
- Jones, S.T. and W.A. Johnson. 1958. Effects of Irrigation at different levels of Soil moisture and of imposed droughts on yields of onions and -- potatoes. Proc. Am. Soc. Hort. Sci. 71:440-445.
- Juins, J.D. and F.L. Milthorpe. 1963. The growth of the potato. Butter works. London.
- Kramer, P.J. 1974. Relaciones hídricas de suelos y plantas. Editorial Edutex, S.A. México, D.F.
- Kraus, E.H., W.F. Hunt y L.S. Ramsdell. 1965. Mineralogía Mc. Graw-Hill Book Co. Inc. New York.
- Lee, C.R. and M.L. Mac Donald. 1977. Influence of Soil amendaments of potato growth, mineral nutrition and tuber yield and quality on very -- Strongly acid soil. Soil Sc. Soc. Am. J. 41 : 573 - 577.

- Padron, C.E., 1980. Diseños experimentales con aplicación a la agricultura y ganadería. Colegio Superior de Agricultura Tropical. Cárdenas, Tabasco, México.
- Parsons, D.B., et al. 1983. Papas. Editorial Trillas, México, D.F.
- Perrin, R.K., D.L. Winkelmann, D.R. Moscardi y J.R. -- Anderson. 1976. Formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos. Un manual -- metodológico de evaluación económica. Folleto No. 27. C.I.M.M.YT. México, D.F.
- Salaman, R.N. 1949. The history and Social influence of the potato. Combridge University Press. - Cambridge England.
- Smith, O. 1975. Potatoes : Production, Storing. Processin Secund Ed. the avi publishing company, Inc. Westport, Connecticut.
- Snedecor, W.G. y M.G. Cochran. 1979. Métodos Estadísticos Sexta edición. Editorial Continental, S.A., México, D.F.
- Steel, G.R. and H.J. Torrie. 1960. Principles and pro- cedures of statistics. Mc. Graw-Hill Book - Company, Inc. New York.
- Talburt, W.F. and O. Smith. 1967. Potato processing. Secund ed. The avi publishing company, Inc. westport, Connecticut.

00869 .

U.A.A.A.N.

Thomas-Doménech, J.M. 1970. Atlas de Botánica. Octava edición. Ediciones Jover, S.A. Barcelona, España.

Worthen, E.L. y S.R. Aldrich. 1980. Suelos agrícolas. su conservación y fertilidad. Segunda edición. Editorial U.T.E.H.A., México, D.F.

Yadav, S.C. and B.R. Tripathi. 1973: Water requeriment of potato. Indian J. agric. Sci. 43 : 477-482.