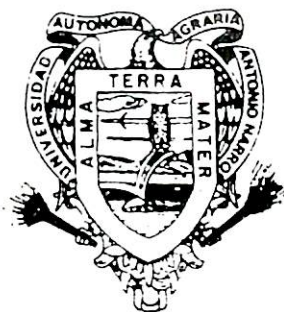


UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA
"ANTONIO NARRO"



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

EFFECTO DE LA HUMEDAD DEL SUELO SOBRE
EL RENDIMIENTO DE LA SOYA Y SU INFLUENCIA EN
LA DETERMINACION DEL CALENDARIO DE RIEGO
CD. DELICIAS, CHIH.

RIGOBERTO E. VAZQUEZ ALVARADO

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL

PARA OBTENER EL GRADO ACADEMICO

DE: MAESTRO EN CIENCIAS CON LA

ESPECIALIDAD EN SUELOS E IRRIGACION

BUENAVISTA, SALTILLO COAHUILA, MEXICO.

163631

1976

16363

Esta tesis fue realizada bajo la dirección del Comité Supervisor de Tesis Indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para la obtención del grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS ESPECIALISTA
EN
SUELOS E IRRIGACION

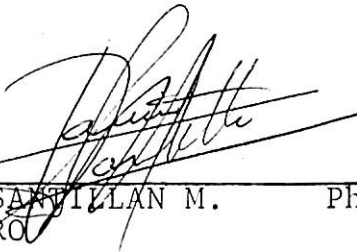
COMITE SUPERVISOR



SAMPAT A. GAVANDE Ph. D.
ASESOR



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



JAVIER SANTILLAN M. Ph. D.
CONSEJERO



FERNANDO BLASQUEZ Ing. M.C.
CONSEJERO

16363

BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA, OCTUBRE 1976

MEXICO

16363

A G R A D E C I M I E N T O

Al Dr. Sampat A. Gavande, por la ayuda recibida durante mis estudios de Maestría y por la comprensiva y acertada dirección de este trabajo de Investigación.

Al Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas por permitir presentar este trabajo de Investigación.

Al Dr. Fidencio Puente F., Jefe del Departamento de Suelos del INIA. por sus consejos acerca de la Presentación de los Resultados.

A los trabajadores del Campo Agrícola Experimental del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas en Cd. Delicias, Chih., por su colaboración en la toma de datos.

Al Colegio de Postgraduados por las facilidades otorgadas durante el desarrollo de este trabajo.

A los Maestros consejeros que contribuyeron en la Revisión de este trabajo: Dr. Javier Santillán M. e Ing. M.C. - Fernando Blasquez.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, por otorgarme la beca que hizo posible realizar mis estudios de Maestría.

DEDICATORIA

A mi Esposa

Ma. Cruz Hernández

A mi Hijo

Quetzalcoatl

A mis Padres

Juanita Alvarado de Vázquez
Eustacio F. Vázquez G.

A mis Hermanos

Marbella

Mircaya

Moraina

Mirthala

Raziel

Mysore

Maritza

Raimur

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
Indice de Cuadros - - - - -	VI
Indice de figuras - - - - -	VIII
I Introducción - - - - -	1
II Objetivos - - - - -	3
III Revisión de Literatura - - - - -	4
IV Materiales y Métodos - - - - -	16
4.1 Características de la Región - - - - -	16
4.1.1. Situación Geográfica - - - - -	16
4.1.2. Clima - - - - -	17
4.1.3. Suelos - - - - -	17
4.2. Localización del Sitio Experimental - - - - -	18
4.3 Instalación del Experimento - - - - -	18
4.4 Suelo del Sitio Experimental - - - - -	18
4.5 Diseño Experimental- - - - -	19
4.6 Control de Humedad - - - - -	19
4.7 Aplicación de los Riegos - - - - -	21
4.8 Cambio de Etapa - - - - -	22
4.9 Observaciones - - - - -	22
V Resultados y Discusión - - - - -	24
5.1 Cierre entre Surcos de Soya - - - - -	24
5.2 Altura de Plantas - - - - -	24
5.3 Rendimiento en kg/ha de Grano de Soya - - - - -	25
5.4 Rendimiento en Kg/ha de Forraje o Paja de Soya - - - - -	30
5.5 Peso Hectolítrico del Grano de Soya - - - - -	32
5.6 Profundidad Radicular - - - - -	32
5.7 Porcentaje de Proteína en el Grano de Soya- - - - -	33
5.8 Relación Paja de Soya-Grano - - - - -	33
5.9 Tratamientos de Humedad Aprovechable - - - - -	34
5.10 Síntomas de Exceso de Humedad - - - - -	38
5.11 Síntomas de Sequía - - - - -	38
5.12 Análisis de Muestras de Suelo al Final del Ciclo- - - - -	38

	Pág.	
5.12.1	Nitrógeno - - - - -	38
5.12.2	pH - - - - -	39
5.12.3	Materia Orgánica- - - - -	39
5.12.4	Conductividad Eléctrica - - - - -	39
5.12.5	Fósforo - - - - -	39
5.13	Evaluación Económica de los Tratamientos de - Humedad Aprovechable - - - - -	40
VI	Conclusiones - - - - -	42
VII	Resumen - - - - -	45
VIII	Bibliografía - - - - -	47
IX	Apéndice - - - - -	51

INDICE DE CUADROS

	Pág.
1. Evolución de la superficie cultivada de soya en el Distrito de Riego 05, Zona de Bombeo y Labores Viejas. Cd. Delicias, Chih. 1976.	6
7. Parámetros obtenidos del experimento efecto de la humedad del suelo sobre el rendimiento de la soya. Cd. Delicias, Chih. 1975.	26
8. Alturas de la soya, tomadas a través del ciclo, en los diferentes tratamientos de humedad del suelo. Cd. Delicias, Chih. 1975.	27
9. Selección de variables independientes eliminando - terminos por medio del método Backward y Stepwise las que no satisfagan un 10% de nivel de significancia.	
10. Número de días entre riegos y total de riego, así - como la lámina de riego calculada, para llevar el - suelo a capacidad de campo y lámina de riego proporcionada. Cd. Delicias, Chih. 1975.	35
11. Determinación de la eficiencia de uso del agua de - riego de los tratamientos de humedad aprovechable. Cd. Delicias, Chih.	36
13. Evaluación económica de los tratamientos de humedad aprovechable, con respecto al número de riegos proporcionados, teniendo en cuenta la producción de grano y forraje. Cd. Delicias, Chih. 1975.	41

APENDICE

2. Concentración de datos climatológicos de la región - de Cd. Delicias, Chih. promedio de 15 años	59
3. Análisis físico-químico del sitio donde se ubicaba - el experimento tomando cuatro profundidades (cm) -	60

	Pág.
4. Porcentaje de humedad total del suelo a diferentes tensiones y profundidades del sitio del experimento	61
5. Tratamientos de humedad aprovechable seleccionados en base a porcentajes de humedad del suelo. Cd. Delicias, Chih.	61
6. Gasto calibrado en litros por segundo de un sifón de diámetro de 1.5 pulgadas. Fuente de la S.R.H. - en su Departamento de Ingeniería de riego y drenaje. Cd. Delicias, Chih.	62
12. Análisis físico - químico tomado en el perfil de 0-30 cm por parcela al momento de la cosecha, en el experimento, efecto de la humedad del suelo en el rendimiento de la soya. Cd. Delicias, Chih. 1975	63

INDICE DE FIGURAS

	Pág.
1. Análisis y elección de tratamientos conforme a la Matriz Plan Puebla I. -----	20
5. A y B. Solución gráfica de los niveles de humedad aprovechable determinando óptimo económico para - antes de floración y después de floración.-----	35
6. Rendimiento de grano en función de la humedad aprovechable para cada una de las dos etapas de crecimiento.-----	35

A P E N D I C E

2. Croquis de distribución de parcelas -----	64
3. Curvas de tensión de humedad del suelo y esfuerzo de humedad del suelo a la profundidad de 0-30 cm.	65
4. Curvas de tensión de humedad del suelo y esfuerzo de humedad del suelo a la profundidad de 30-60 cm.	65
7-15 Variación en el contenido de humedad del suelo, - así como los momentos de lluvia y riegos de los -- tratamientos de humedad aprovechable. Cd. Delicias, Chih. 1975. -----	66

EFFECTO DE LA HUMEDAD DEL SUELO SOBRE EL RENDIMIENTO DE LA SOYA Y SU INFLUENCIA EN LA DETERMINACION DEL CALENDARIO DE RIEGO. CD. DELICIAS, CHIH.

I INTRODUCCION

La soya es un cultivo que ocupa un lugar importante en la agricultura mundial, debido principalmente a sus propiedades alimenticias e industriales. Dentro de las propiedades alimenticias es de importancia por su gran capacidad en la producción de aceites y proteína. En la producción mundial de 1970, de aceites comestibles vegetales, la soya aportó un 30.56% y en la producción de proteína vegetal un 51.61%. Estas cifras de por sí solas dan una idea de la importancia y trascendencia que tiene el cultivo.

En México en 1974 se sembraron de soya 311,405 ha con una producción de 489,614 toneladas de grano, las cuales se estima que produjeron 195,846 toneladas de proteína y 97,923 toneladas de aceite.

La soya es muy sensible a la duración del día y debido a esto se le ha clasificado como planta de día corto. Cuando se estudió este fenómeno por primera vez se creyó que el período luminoso (duración del día) era el factor que regulaba la floración, posteriormente se comprobó que es la duración de la oscuridad y no la del día la que determina la época en que se inicia la floración. En cuanto a los suelos la soya produce satisfactoriamente en una gran variedad de éstos. Bajo condiciones de riego es muy susceptible a los excesos de humedad, especialmente en el estado de plántula, los encharcamientos son perjudiciales en cualquier época de su desarrollo. Antes de la floración se le considera tolerante a sequía; pero después de la floración y durante la formación de las vainas no debe faltarle humedad, pues los rendimientos tienden a reducirse.

La soya es un cultivo delicado al que es necesario determinarle con precisión la lámina y la periodicidad de los riegos, así como la costeabilidad económica de los mismos, pues se ha observado que cuando en la primera etapa de desarrollo se le dan riegos pesados la planta presenta clorosis, algunas hojas se secan o se susceptibilizan al ataque del hongo Pustula bacterial y en general cuando los ataques son -

severos la planta retarda su crecimiento hasta por 10 días. En cuanto a la raíz se provocan rajaduras donde se desarrollan hongos de los géneros *Phytophthora*, *Pythium*, *Rhizoctonia*, *Fusarium*, etc.

En el Distrito de Riego 05, se han encontrado grandes restricciones físicas y económicas que limitan el tiempo de aplicación y la cantidad de agua que ha de aplicarse en los riegos, debido a la gran heterogeneidad de los suelos, causando esto, un diferente grado de respuesta en las plantas al agua del suelo y en la capacidad de almacenamiento en la zona radicular.

Como la mayor parte de los suelos son del tipo arenoso, serían ideales las láminas pequeñas y frecuentes, con lo que se reducirían las pérdidas por percolación, pero esto es imposible, debido a que la única forma en que el agricultor pudiera dar este tipo de riegos, sería por medio de sistemas de aspersión, los cuales resultarían demasiado caros, aparte de que el sistema de dotación de agua por la Secretaría de Recursos Hidráulicos es sin restricción, por lo tanto el agricultor no siente la necesidad de cuidar el agua.

Si se quiere reducir a un mínimo el número de riegos y aplicar una lámina apropiada es necesario conocer algunos aspectos físicos de los suelos como: la capacidad de retención de humedad del suelo, pues la tasa de drenaje decrece a medida que el contenido de agua del suelo disminuye.

Existen diferentes criterios para la programación de riegos entre los cuales se cuenta: Primero. Etapas críticas de los cultivos, programando calendarios en base a estas, este método es muy sencillo y barato y es con el que se debe iniciar, cuando no se cuenta con otros medios. Segundo. Contenido de humedad del suelo, este método consiste en llevar el suelo hasta un cierto contenido de humedad, el cual se ha programado con anterioridad para dar el riego, este método es más caro que el anterior pues requiere de cierto equipo para llevarlo a cabo. Tercero. Datos climatológicos, del cultivo y del suelo, método más caro y sofisticado, donde se requiere de gran cantidad de instrumental y cálculo para la aplicación de los riegos.

Aparte de los problemas que existen en la determinación del momento y la cantidad del riego, existen otros, como son, los de forma de operación de los Distritos de Riego, en los cuales por lo general el agua se distribuye por turno, sin tenerse en cuenta el momento oportuno de dotación, o la frecuencia efectiva con la cual se debe proporcionar el agua de riego, debido a las texturas de los terrenos o las necesidades reales de las plantas. En este aspecto las zonas de bombeo, son más favorecidas pues la oportunidad de dotación únicamente responde a la capacidad de los regadores para detectar los síntomas de necesidad de agua para las plantas.

En el Distrito de Riego 05 y en las zonas aledañas como zona de bombeo y labores viejas, las prácticas de riego que han seguido los agricultores son del tipo empírico en la gran mayoría, lo que ocasiona que los rendimientos no manifiesten su potencial. El agricultor en Cd. Delicias, Chih., los riegos, los ha venido dando según su costumbre y criterio, haciendo un uso deficiente del agua (aplicando de 3-8 riegos), llegando a tener bajos rendimientos, ya sea por falta de humedad en la etapa oportuna o en el caso contrario por problemas colaterales como el lavado de fertilizantes, del tipo fisiológico en la raíz de la planta, o por un microclima donde las plagas y enfermedades pueden proliferar.

En el Distrito de Riego 05, Zona de Bombeo y Labores Viejas en el Ciclo 1974-75 se obtuvo una producción promedio por hectárea de 2.7 toneladas y con un valor de \$ 3,400.00 por tonelada. Alcanzándose con esto un valor de la producción de 76.3 millones de pesos distribuidos en toda la zona.

III OBJETIVOS

Determinar el calendario de riego óptimo por medio de abatimientos de humedad del suelo, con la finalidad de ahorrar de 1-2 riegos de auxilio. De esta manera se contaría con mayores reservas de agua para aumentar la superficie de siembra para el cultivo siguiente.

III REVISION DE LITERATURA

El frijol soya pertenece a la familia de las leguminosas a la subfamilia de las Papilionaceas, al género Glycine y la especie cultivada es Glycine max (L.)Merrill se considera nativa del Oriente de Asia. En China se usaba para el consumo humano, en una gran variedad de alimentos, los primeros reportes indican que los comerciantes, la valuaban como alimento para los animales que aumentaba la vida de éstos, otros le daban un valor medicinal. La soya (Glycine max L.) fue introducida a los Estados Unidos, como un cultivo forrajero en el año 1800. En los siguientes 100 años el potencial de la soya fue puesto en duda, no fue sino hasta el 1900 que el frijol soya se consideró como un cultivo oleaginoso y hasta 1941 la superficie que se sembraba para extracción de aceite, superó a la que se sembraba para la producción de forraje.

Crispín y Barriga en 1970 consideran que en México, el cultivo de la soya es de reciente introducción y las primeras noticias que se tienen datan del año 1911, cuando la Secretaría de Agricultura y Fomento, lo introdujo en forma experimental, pero como se pretendió emplearlo como sustituto del frijol común y en estas condiciones competía desventajosamente, fue quedando abandonado. El segundo intento de introducir la soya en México, fue en el año de 1928, cuando se volvió a experimentar en terrenos de la Escuela Nacional de Agricultura en Chapingo, México, con algunas variedades, en 1932 se iniciaron trabajos en el Estado de Veracruz bajo el control del Departamento de Agricultura del Estado. En 1937 las variedades probadas en Chapingo y Veracruz se probaron en el Campo Agrícola e Industrial de Tlalnepantla, Méx., lo mismo se hacía en la Escuela de Comitancillo, Oax., y en la Huerta, Mich., En 1942 la Dirección General de Agricultura y Fomento volvió a fijar su atención en el cultivo y ordenó se iniciaran trabajos en los Estados de México, Querétaro, Guanajuato y Jalisco (6).

El cultivo de la soya en el Distrito de Riego 05 de Cd. Delicias, Chih., se inició en el año de 1967 en donde se sembraron por primera ocasión 150 hectáreas, como segundo cultivo, o sea en las

siembras que se efectuaban después de trigo. Se continuó en esta forma hasta el año 1970, donde se vió la posibilidad por parte de los agricultores de la región, que no hubiera agua para las siembras de segundos cultivos, se sembraron 1,233 ha como primer cultivo o sea en las siembras de mayo (ver cuadro 1).

Krober y Carter en 1962 consideran que la soya se ha convertido en un importante cultivo agronómico (18) principalmente porque el grano maduro contiene, 40% de proteína, 20% de lípidos, 17% de hemicelulosa, 5% de fibra cruda, 7% de azúcares, 5% de pentosas y 6% de cenizas.

Rubel y sus colaboradores en 1972 determinan que a los 25 días después de la floración la semilla de soya ha sintetizado el 30% de proteína y un 5% de aceite, de los 25-40 días el aceite se incrementa rápidamente hasta un 20% representando esto un 30% del total y finalmente de los 40-64 días después de la floración se sintetiza el 70% del total de la proteína y del aceite de la semilla madura. MacAlister y Krober reportaron que las sustancias del extracto de eter disminuyen a la mitad de su concentración original por la emergencia de la semilla de soya y a un 10% después del sexto día de la emergencia, la proteína disminuye a un 70% al emerger y a un 25% al noveno día (28).

Shibles y Weber en 1965 estudiando la radiación solar de acuerdo al área foliar y a la producción de materia seca encontraron que existe una relación curvilínea entre el índice de área foliar y el porcentaje de intercepción de radiación solar. Esta relación es explicada por la ecuación $Y = 7.3752 + 53.5336 X - 7.7927 X^2$; donde Y = % de Radiación Solar Interceptada, X = Índice de Área Foliar en cm^2 . En cuanto al incremento de materia seca y el porcentaje de intercepción de radiación solar se encontró una relación lineal, la cual es explicada por la ecuación $Y = -3.92 + 1.1331X$; Y = Incremento de materia seca, X = Radiación solar interceptada. Buttery observando el efecto de la variación del Índice del Área Foliar sobre el crecimiento del maíz y la soya observó que la cantidad de crecimiento relativo y la cantidad de asimilación neta se incrementan con el incremento de la población donde la cantidad de crecimiento del cultivo y la cantidad

CUADRO 1 EVOLUCION DE LA SUPERFICIE CULTIVADA DE SOYA EN EL DISTRITO DE RIEGO 05, ZONA DE BOMBEO Y LABORES VIEJAS. CD. DELICIAS, CHIH. 1976.

CICLO	HECTAREAS		TOTAL
	1er. Cultivo	2do. Cultivo	
1967 - 1968		150	150
1968 - 1969			
1969 - 1970		3,000	3,000
1970 - 1971	1,233	1,614	2,847
1971 - 1972	1,874	3,376	5,250
1972 - 1973	2,293	4,278	6,571
1973 - 1974	3,113	7,887	11,000
1974 - 1975	3,227	5,088	8,315
1975 - 1976	2,535	4,819	7,354

Fuente: S.R.H. Departamento de Hidrometría y estadística de Cd. Delicias, Chih.

de área foliar disminuyen. Encontró para cuatro experimentos una relación lineal entre la cantidad de asimilación neta y el índice del área foliar y en los otros seis experimentos encontró una relación curvilínea. También observó que cuando el índice de área foliar era de uno, la cantidad de asimilación neta era de 5.91 gr/m²/día y cuando dicho índice de Área Foliar era de cuatro, la cantidad de asimilación neta era de 3.53 gr/m²/día, disminuyendo la asimilación neta conforme aumentaba el índice de área foliar (30).

Johnston y Pendleton en 1968, estudiando la influencia de la defoliación de la planta de soya sobre la producción de grano, encontraron que la defoliación en la parte superior, media e inferior producía una reducción en la producción de grano de 17, 22 y 4% respectivamente, comparándose esto con plantas no defoliadas, y concluyeron que la remoción de hojas de cualquier parte de la planta disminuye la producción de semilla y también afecta la producción de otras áreas de la planta (17).

Brunt, L.J. et al en 1972 establecieron un experimento en Manhattan, Kans. para determinar la evapotranspiración de la soya, -

usando para ello un modelo desarrollado por Monteith en 1965 y posteriormente fue probado por Black et al en 1970. Los resultados obtenidos de este se iban a comparar con los obtenidos en un Lisímetro. Ellos encontraron que el modelo dá una buena estimación de la evapotranspiración, en los días que se compararon los resultados con los del lisímetro. También encontraron que la resistencia estomatal en la parte inferior de la planta era 10 veces mayor que la medida en el nivel superior y que debido a esto era necesario caracterizar el perfil de resistencia de la planta, bajo varias condiciones de demanda. Concluyeron que el modelo y el lisímetro se comportaron en forma similar, excepto bajo condiciones de alta demanda atmosférica, donde el modelo subestima la evapotranspiración actual (4).

Egleman y Decker en 1965 establecieron un experimento con soya en la Estación Agrícola Experimental de Missouri. Los tratamientos de déficit de humedad de suelo que eligieron fueron: 21.1, 36.1, 53.8, 68.7 y 88.6% respectivamente, con los cuales pretendían observar el papel de la humedad del suelo en la evapotranspiración de la soya. La evapotranspiración potencial fue medida por medio del método de Penman y modificado por Gerber y Decker. Encontraron que una reducción en la pérdida de agua de las plantas de soya, sometidas a sequía se debió a una acumulación de lípidos sobre la superficie de la hoja y que después del cierre de los estomas, se reducía la pérdida de agua por vía cuticular, y que la cantidad de evapotranspiración de la soya por día era de 5.1 mm bajo alto contenido de humedad. Observaron también que existía una relación curvilínea entre el déficit de humedad del suelo y la evapotranspiración relativa ($Y = 0.987 - 0.00262 X - 0.000028 X^2$; $r = 0.72$), y que entre el potencial de humedad del suelo y la evapotranspiración relativa existe una regresión líneal negativa ($Y = 0.928 - 0.181 X$; $r = 0.74$) y finalmente que la relación entre la conductividad hidráulica no saturada y la evapotranspiración relativa arroja que las plantas crecían en suelos en los cuales la conductividad no saturada iba desde 8.89 cm/día/Julio hasta 0.77 cm/día/Julio (8).

Henderson menciona a Carter y Hartwing que en 1962 determinan que la cantidad de agua usada por la soya en todo su ciclo es de 51-76 cm, y Whitt y Van Bavel en 1955 ellos indican que el uso de agua por la -

soya hasta madurez es de 33-58 cm, con una cantidad promedio de 0.76 cm por día durante los meses de Julio y Agosto en Missouri, U.S.A. - (13).

Howell en 1960 efectúa una revisión general del crecimiento de la raíz de soya determinando que la máxima penetración de la raíz principal puede ser hasta 152 cm y que la mayor parte activa del sistema radicular es a 61 cm. (15).

Fukui y Ojima en 1957 determinan que la sequía y excesos de agua causan el desprendimiento de las flores y botones (9).

Aparentemente una causa común en la reducción del rendimiento es la reducción en el peso de la semilla. Whitt en 1954 reporta que en parcelas que no se regaron, comparadas estas sobre otras que sí se regaron, produjeron una tercera parte menos que las que sí se regaron. Esto indica un pequeño efecto sobre el número de semillas y que la reducción de la producción fue atribuída a las semillas pequeñas (34).

Baldovinos de la Peña en 1956 en Carolina del Norte estudiando la clorosis en la soya causada por la inasimibilidad del manganeso encontró que cuando la cantidad de manganeso en el suelo es muy baja y la acidez muy elevada, este microelemento es muy asimilable para la planta. Inversamente una alcalinidad elevada del suelo y concentraciones relativamente bajas de manganeso, llegan a producir condiciones de deficiencia de manganeso en las plantas, por lo que se recomienda en estas circunstancias, aplicaciones adicionales de este microelemento en la época de fertilización de los cultivos. En general y según el caso, 5 ó 10 kg de manganeso por hectárea son suficientes. Similarmente si la concentración inicial de este microelemento es sumamente elevada, el encalado del suelo es la norma a seguir con objeto de disminuir o evitar en el mejor de los casos la toxicidad del manganeso para las plantas.

Baldovinos, encontró dentro de los suelos donde se efectuaban los experimentos, una distribución curvilínea entre la absorción del manganeso por la soya y el pH del suelo. Dicha relación se encuentra definida por la ecuación $Y = 3014.53 - 872.00 X + 64.79 X^2$ en la

cual Y = absorción de manganeso en p.p.m. por la soya; X = pH del suelo (3).

Peters y Johnson en 1960 en Illinois, mostraron que la evaporación estimada de la superficie del suelo es más o menos la mitad, cuando el nivel de humedad del suelo es alto y de la cuarta a la mitad cuando la estación es seca. Cuando se cubre la superficie del suelo con alguna barrera preventiva a las pérdidas por evaporación se incrementa la producción y la eficiencia en el uso del agua. El método, de no preparación en el terreno practicado en la producción de maíz en el que los residuos de cosecha proporcionan una cubierta a la superficie del suelo reduciendo la evaporación, se aumenta la infiltración y se aumenta substancialmente la producción de maíz bajo algunas condiciones, es un método que pudiera usarse para la soya. Estos mismos autores determinaron que la soya requiere 2.5 cm de agua disponible del 1º de Julio al 20 de Septiembre para producir 134 kg/ha de grano. Debido a esto una alta producción de grano de soya de 3360 kg/ha requiere 62.5 cm durante toda la estación de crecimiento (24).

Estudios realizados por Hunter y Erickson (1952) observan que la semilla de soya requiere de 50% de humedad en base a peso seco para una óptima germinación y no menos de -6.6 bars en tensión de humedad del suelo. Estos autores concluyen que no debe ser tan alta la humedad que retrase la germinación y se produzca por consecuencia ataques de hongos y un declive en el porcentaje de germinación (16).

Grable y Danielson (1965) mostraron que la cantidad de desarrollo radicular al momento de la germinación de la semilla de soya, fue aumentada con -0.5 a -0.9 bars de tensión y a -0.3 bars el desarrollo de patógenos sobre la semilla y de hongos sobre la raíz detienen el desarrollo radicular (10). Hanks y Thorp (1954) determinan que existen otros factores que influyen en la emergencia de la semilla de soya y estos son las costras endurecidas que se forman en la superficie del suelo, donde estas pueden afectar de un 90% de emergencia hasta un 70% y cuando las costras endurecidas se relacionan con la humedad disponible la emergencia de un 70% se puede reducir hasta un 30%. Aunque las semillas pueden germinar sobre un considera

ble rango de tensiones de humedad del suelo, la meta a obtener de un - alto porcentaje de emergencia, será realizada; cuando la tensión de - humedad del suelo es baja, la temperatura está a un óptimo y el meca- nismo de impedancia está a un mínimo (12).

Estos autores mencionan también a J.S. Boyer, que en 1970 reali- zando estudios sobre el crecimiento de las hojas de soya encontró que el cambio en el crecimiento de estas, era rápido cuando se encontra- - ban en - 4 bars y que una pérdida en potencial de 0 - 12 bars dismi- - nuía la cantidad de crecimiento rápidamente. El sugiere que el creci- miento es moderado durante las horas del día y que probablemente el - mayor crecimiento ocurra durante las horas de la noche, cuando la pre- sión de turgencia en las células es relativamente alta (12).

Grant et al 1972 dice que la semilla de soya bajo condiciones fa- vorables de temperatura y humedad produce una visible nodulación a - los 9 días de la siembra y la fijación de nitrógeno comienza a los 14 días. (11) Durante el período de la rápida nodulación los nódulos re- tienen cerca de la mitad del total de nitrógeno fijado.

Grant, menciona a Wilson y sus colaboradores los cuales dicen - que existen tres períodos de fijación de nitrógeno en la vida de la - planta; en el primero en la fase inicial de desarrollo retiene de - 30-50% del N fijado; la segunda se considera una fase logarítmica en la cual los nódulos transfieren de un 80-90% del N fijado para la plan- ta (30-80 días después de la siembra) y en el tercero, cesa la fase - logarítmica y el nitrógeno de los órganos vegetativos es movilizand^o y redistribuido a los órganos reproductivos. Más del 80% del nitróge- no fijado ocurre entre la floración y cerca del estado verde del gra- no de soya. La cantidad del nitrógeno fijado varía con el estado de - crecimiento de la planta, el N₂-fijado en el período de floración es bajo, aumentando rápidamente después de floración y posteriormente dis- minuye cuando la planta se acerca al estado verde del grano.

Grant y sus colaboradores mencionan a Bond G. que en 1936 midie- ron la eficiencia de la nodulación en miligramos de nitrógeno fijado por gramos de nódulo en base a peso seco. Este investigador también - menciona a W. D. P. Stewart (1966) el cual en un experimento, encontró

que la cantidad de nitrógeno fijado al final del período de crecimiento fue de 94 kg y también encontró, que la contribución del nitrógeno fijado, al crecimiento y producción de grano fue variable (11).

Según Hodges et al (1914) consideran que los requerimientos de riego varían con el tipo de suelo y la localidad geográfica. En zonas de riego, se debe dar un buen subsuelo para tener humedad disponible, aplicando un riego de presiembra para humedecer hasta la zona radicular. Para una máxima producción se debe regar antes de la iniciación de la floración y a intervalos de 10-20 días hasta que las vainas estén completamente llenas. En estos trabajos Hodges y sus colaboradores encontraron, que la producción se encuentra fuertemente asociada con niveles de humedad durante la floración y estado de formación de las vainas, obteniendo altos rendimientos cuando tenían niveles de humedad altos en estos períodos de crecimiento (14).

Estudios realizados por Shaw, R.H. y D.R. Laing 1966. sobre aplicaciones de tensiones de humedad en la soya en períodos críticos como la floración, formación de vainas, y completo llenado de semilla; encontraron que la máxima reducción en el rendimiento, ocurre cuando se produce una tensión de humedad en la primera semana de la floración de vainas y durante el estado de llenado de los granos, y que los efectos de una tensión de humedad durante la floración fue menor que en los estados posteriores a desarrollo de las vainas y el llenado de los granos. Aplicaciones de tensión de humedad al final del llenado del grano o del inicio de la floración, solo tuvieron pequeños efectos sobre la producción, tensiones de humedad durante la floración y desarrollo de vainas, redundan en una respuesta de abortos de flores y vainas y una tensión durante el llenado del grano, reduce el tamaño de la semilla (29).

Estudios realizados por el Dr. Doss et al en 1974 en Alabama sobre la importancia de la oportunidad de los riegos en el rendimiento de la soya encontraron que los períodos más importantes en la producción son: el período fuerte de la floración y el período del llenado de la vaina, en los cuales se debe tener un adecuado porcentaje de humedad en el suelo. En este experimento comentó el Dr. Doss y sus colaboradores, que no pudo obtener el régimen adecuado de distribución del agua (7).

Reyes y Ortega 1967. Para estudiar el efecto de la humedad del suelo y de la fertilización nitrogenada sobre el cultivo del algodón, establecieron un experimento donde se probaron cinco niveles de humedad aprovechable (30, 20, 10, 0 y 0% más 7 días) y cinco niveles de nitrógeno (0, 50, 100, 150 y 200 kg/ha). Ellos encontraron que los mejores rendimientos de algodón hueso se obtenían con el nivel de H.A. de 10% (7.24 Atmósferas) alcanzando un rendimiento de 3.94 ton/ha, en cuanto a los niveles de nitrógeno, se encontró un incremento en rendimiento conforme se aumentaban los niveles de fertilización nitrogenada y al efectuarse el análisis económico para determinar la dosis óptima económica, se encontró que era de 175 kg/ha de nitrógeno para los tratamientos de H.A. de 30, 20 y 10% y de 160 kg/ha de nitrógeno para los tratamientos de 0 y 0% más 7 días (25).

Reyes en 1969 en el Valle del Yaqui, Sonora experimentó sobre soya con porcentajes de humedad aprovechable, nitrógeno y fósforo, la humedad del suelo se estudió en dos etapas del período del ciclo, con el objeto de encontrar que época del período de desarrollo del cultivo, el uso del agua es el más crítico. Se utilizó el diseño de cuadrado doble el cual permitió explorar 5 niveles de humedad aprovechable en ambas etapas, variando de 0-40% en incrementos de 10%. La primera etapa, comprendió de la siembra hasta la aparición de la primera flor cuando ésta se había generalizado. La segunda etapa comprendió desde la aparición de la primera flor, hasta que el grano de soya llenó completamente, el control de humedad del suelo fue por el método gravimétrico haciéndose suficientes muestreos para definir perfectamente el gradiente de descenso de la humedad del suelo. Se encontró un modelo matemático que explica la variación ocurrida en el rendimiento de grano de soya cuando se hacen variar los niveles de humedad aprovechable en ambas etapas. El modelo que se encuentra es el siguiente: $Y = 1.575201 + 0.004616 H_1 + 0.055751 H_2 + 0.000045 H_1^2 - 0.000756 H_2^2 - 0.000126 H_1 H_2$ (Y= Rendimiento, H_1 = Humedad antes de floración y H_2 Humedad después de floración). Este modelo permitió encontrar el rendimiento máximo económico el cual fue de 2.599 ton/ha con 2.11% de humedad aprovechable en la primera etapa y 34.37% de humedad aprovechable en la segunda (26).

Lagarda en 1975 (19), buscando la interacción entre la humedad del suelo y algunas variedades de trigo, estableció un experimento de parcelas divididas en bloques al azar. El primer factor consistió en cuatro niveles de humedad antes de floración, y el segundo en cuatro niveles de humedad en el período posterior a la floración. De la combinación de tratamientos se escogieron ocho tratamientos correspondientes a la Matriz Plan Puebla I y se consideraron como parcela grande, posteriormente se dividieron en seis sub-parcelas en las que se sortearon las variedades de trigo. Lagarda encontró una fuerte interacción variedad por humedad, indicando esto que las variedades se comportan, de manera diferente, cuando se modifica la humedad del suelo y debido a esto se formaron dos modelos de respuesta, los que se pueden indicar como el de las variedades precoces (Cocorito, Torim y Tanori) y el modelo de las variedades tardías (Cajeme y Jupateco), la sexta variedad resultó ilógica. El modelo de regresión para las variedades tardías es el siguiente: $Y = 7184.84 - 27.22 H_1 + 49.49 H_2 - 1.54 H_1^2 - 1.67 H_2^2 + 3.08 H_1 H_2$ y el óptimo económico es $H_1 = 64\%$ y $H_2 = 74\%$, para las variedades precoces: $Y = 6999.01 + 34.71 H_1 + 50.11 H_2 - 2.45 H_1^2 - 1.41 H_2^2 + 2.08 H_1 H_2$ y el óptimo económico $H_1 = 20\%$ y $H_2 = 32\%$.

Dentro de las investigaciones llevadas a cabo en México, con respecto a la determinación de niveles de humedad aprovechable en las etapas críticas de los cultivos, al Dr. Reyes Manzanares se le considera el pionero en ellas, pues partiendo de la premisa que los requerimientos de humedad en los cultivos varían con respecto a su desarrollo, de la misma manera los niveles de humedad aprovechable, deben variar en el suelo en dichas etapas. El Dr. Reyes M., en 1971 estableció un experimento, para determinar la lámina mínima de riego para el cultivo del algodón, con la que obtuviera los máximos rendimientos, pero consideró que esta lámina mínima estaría involucrada con la fertilización nitrogenada y fosforada, por lo que se incluyeron estos otros factores. Las etapas en que dividió el cultivo del algodón fueron dos, la primera de la siembra hasta el inicio de la floración y la segunda desde el inicio de la floración hasta el fin del período de riegos. Para la primera etapa de riego obtuvo un 21.31% de Humedad Aprovechable y pa

ra la segunda 22.86% de Humedad Aprovechable, en cuanto al nitrógeno 197.65 kg/ha y para el fósforo 55.98 kg/ha (27).

Manjarrez y Villarreal en 1971 (22) inició la línea de investigación de riegos en soya del Programa de Suelos del Campo Agrícola - Experimental de Cd. Delicias, Chih. como siembra de segundos cultivos, utilizando el criterio de riegos conforme a las etapas críticas. En dicho año se estableció un experimento con 14 calendarios de riego. Se sembró el 5 de Julio con la variedad Davis, se regó con sifones, el riego de germinación fue de 12 cm y los de auxilio de 10 cm. en este experimento antes de dar el último riego de auxilio, se dividieron las parcelas para ver lo necesario o innecesario del mismo. En cuanto a los resultados para los tratamientos de riego completos, se obtuvo el siguiente calendario 24-44-58-75-95 con un rendimiento de 2,244 kg/ha y para los tratamientos incompletos, el calendario que se obtuvo fue 36-55-70-90 con 1,395 kg/ha. En cuanto al análisis estadístico para los tratamientos completos e incompletos no se encontraron diferencias significativas. Lee y Villarreal, en 1972 (20) establecieron un experimento con cuatro calendarios de riego, se utilizó un diseño en bloques al azar y 6 repeticiones. Se sembró el 5 de Julio con la variedad Davis. Los riegos se programaron a partir del riego de presiembra. Para este experimento se concluyó que de 4-5 riegos son suficientes en siembras de verano, y el mejor calendario fue 40-59-77-95-113 con un rendimiento de 2,378 kg/ha. Vázquez en 1973 (32) estableció otro experimento en el cual se probaron 8 tratamientos de riego los que se programaron a partir del riego de pre-siembra; la que se efectuó a tierra venida el 9 de Julio. En este experimento se pretendió probar la eficiencia del segundo riego de auxilio, aplicándolo éste a los 20 y 30 días después del primero. Se utilizaron dos variedades (Davis y Cajeme), con el objeto de determinar la susceptibilidad a la clorosis por excesos de humedad. Se concluyó que no hubo influencia en la aplicación del segundo riego de auxilio cuando se aplicaba éste a los 20 ó 30 días después del primero y que hubo diferencias significativas en cuanto a calendarios de riego, siendo el mejor para la variedad Davis el calendario 40-60-78-96-114 con un rendimiento de 2,995 kg/ha y para la variedad Cajeme 50-80-98-116 con un rendimiento de 2,878 kg/ha. En cuanto a los exce-

En condiciones de humedad se observó que la variedad Cajeme es muy susceptible, presentando reacciones de clorosis, sobre todo cuando la planta es pequeña.

U. A. A. A. N.

IV MATERIALES Y METODOS

4.1 CARACTERISTICAS DE LA REGION

4.1.1 Situación Geográfica

Esta región se encuentra localizada entre los paralelos 27°52' a 23°51' de latitud Norte y entre los meridianos 105°15' a 105°42' de longitud Oeste del meridiano de Greenwich. La altura sobre el nivel del mar varía entre los 1100 y 1250 m (23).

El Distrito de Riego 05 se divide en dos unidades: la Unidad Conchos y la Unidad San Pedro. La Unidad Conchos está irrigada totalmente por agua del Rio Conchos la que se almacena en la Presa Boquilla, esta tiene una capacidad de tres millones de m³ y se encuentra formada por Cd. Delicias, Las Varas, Saucillo, Orranteño, Conchos, La Cruz, etc. El canal tiene una longitud de 105 km y una capacidad de conducción de 42 m³ por segundo, con lo cual se pone bajo operación 58,000 hectáreas. Unidad San Pedro el agua que irriga esta unidad es la que se encuentra almacenada en la Presa Francisco I. Madero, la cual se localiza en el sitio conocido como Las Vírgenes, esta tiene una capacidad de 425,000 m³ y se encuentra formada por Rosales, Meóqui, Lázaro Cárdenas, etc., el caudal de esta lo forman las aguas del Rio San Pedro más el agua sobrante de la Unidad Conchos. El canal principal tiene una longitud de 34 km y una superficie irrigable de 10,439 hectáreas (1).

Adicionalmente a la superficie de riego formada por las 68,439 hectáreas del Distrito de Riego 05, se tiene la zona de bombeo de pozos profundos en la cual se cultivan 4,000 hectáreas más 12,500 ha sembradas en las márgenes de los Rios Conchos y San Pedro, conociéndose esto como Labores Viejas. Lo anterior a un total de 84,939 ha de las cuales 14,000 se encuentran con problemas de sales y de estas solo 3,800 no pueden utilizarse para sembrar absolutamente nada.

En el Estado de Chihuahua la superficie de tierra laborable es de 1'033,034 ha. donde 841,174 son de temporal, 128,360 son de riego por gravedad y 63,500 hectáreas son de bombeo. En el Distrito de Riego 05 se tiene un 63.05% del total de riego por gravedad del estado -

más un 6.3% de riego por bombeo.

4.1.2 Clima

El Estado de Chihuahua de acuerdo a sus características geográficas se ha dividido en tres zonas meteorológicas: 1a. Región Montañosa. Esta abarca desde las estribaciones de la Sierra Madre Occidental, con alturas entre los 2,000 - 3,000 m En esta región las precipitaciones pluviales son superiores a los 500 mm anuales y por ello se clasifican climas que van desde las zonas de transición hasta las semi-húmedas y húmedas. 2a. Región Fronteriza, Desértica y Arida. Con escasez notable de precipitación pluvial que son de -- 200-300 mm anuales, marcada oscilación térmica y con altitudes que van de los 1,500- 2,000 m 3a. Región Centro y Sur del Estado, comprende altitudes que van desde 1,000-1,500 m con precipitaciones pluviales que van entre 250-400 mm anuales, con elevada oscilación térmica aunque menor que la región Fronteriza (2).

El Distrito de Riego 05 se encuentra ubicado dentro del tercer grupo o sea en la región Centro y Sur del Estado. Vázquez clasificó el clima de la región por tres métodos: El primero fue el de Lang el cual da un factor de pluviosidad de 15.69 que corresponde a un clima de zona desértica: El Segundo fue el del Profesor Emmanuel Martone, cuyo índice fue de 10.19 correspondiendo a un clima semi-árido y el tercer método fue el de Koppen, el cual arrojó un clima del tipo seco y desértico BW(33) . En el Cuadro 2. del apéndice se presenta un promedio de 15 años de fluctuaciones climáticas, de la región de Cd. Delicias, Chih.

4.1.3 Suelos

Existe una gran heterogeneidad en cuanto al tipo de suelo de la región, pues conforme a su origen hay del tipo lacustre, terrazas aluviales, mesetas de ciénega y aluviales recientes formados por las vegas de los Rios Conchos y San. Pedro etc. Estos suelos de acuerdo al plano agrológico de la Secretaría de Recursos Hidráulicos del Distrito de Riego 05 se clasifican en 17 Series las cuales de acuerdo a la superficie que ocupan son las siguientes: Bachimba (16,325.4 ha);

González (9,169.6 ha); Delicias (8,801.6 ha); Armendariz (8,131.2); Rosales (5,013.6 ha); Snyman (4,428.7 ha); Meoqui (3,097.6 ha); Dolores (2,473.6 ha); Horcones (2,016.0 ha); Colomina (1,996.0 ha); Conchos (1,916.8 ha); Cuadra (1,144.0 ha); Jáquez (1,121.6 ha); Loreto (987.2 ha); Ortíz (924.8 ha); Galeana (513.6 ha) y Consuelo (376.0 ha). Las Series a la vez se sub'dividen en 51 tipos variando desde arenosos hasta completamente arcillosos, en cuanto a su composición química y física, son suelos de reacciones alcalinas indicando la presencia de calcio y magnesio, la profundidad es muy variable existiendo suelos delgados de escasa profundidad y otros de varios metros. Por todo este tipo de variables se hace difícil el manejo del suelo para la determinación de calendarios de riego y niveles de fertilización óptima.

4.2 LOCALIZACION DEL SITIO EXPERIMENTAL

Dentro del Distrito de Riego No. 05, Cd. Delicias, Chih. Este trabajo se ubicó en el lote No. 1195 según la clasificación de la Secretaría de Recursos Hidráulicos o en el Lote No.404 según Colonización. El agricultor cooperante fue el Sr. Ricardo Herrera.

4.3 INSTALACION DEL EXPERIMENTO

En la preparación del terreno se siguieron las prácticas comunes de la región, el 23 de abril se dió el riego de pre-siembra. El 6 de mayo se fertilizó con la fórmula 30-40-0 y se sembró con semilla previamente inoculada (Inoculante Pagador). La siembra se efectuó con tractor y a los 7 días se observó la emergencia de las plántulas. Se utilizó una densidad de 100 kg/ha de la variedad Conchos 74.

4.4 SUELO DEL SITIO EXPERIMENTAL

Los suelos del sitio experimental pertenecen a la Serie Delicias según la clasificación de la S.R.H. representando esta un 12.86% del Distrito de Riego, con tierras similares. La Serie Delicias ocupa el tercer lugar en superficie, siendo únicamente superada por la Serie Bachimba con 23.86% y la González con 13.40%.

La textura del suelo a cuatro profundidades según se puede ver en el cuadro No.3 (del apéndice) pertenece a la clasificación migajón arcillo-arenosa, la conductividad eléctrica no ofreció problemas así

como la salinidad. En el estado de 30-60 cm de profundidad, se presentó un perfil endurecido, el cual se manifestó al determinar la densidad aparente presentando el valor más alto.

Los porcentajes de humedad total del suelo a diferentes profundidades se pueden observar en el Cuadro No. 4 (del apéndice). En este se puede ver que en la profundidad de 30-60 cm los porcentajes de humedad son los más altos, sucediendo lo mismo que en el caso de la densidad aparente.

El ciclo anterior, el terreno donde se ubicó el experimento fue ocupado por el cultivo del sorgo y en años anteriores fue sometido al monocultivo del trigo.

4.5 DISEÑO EXPERIMENTAL

Se utilizó un diseño experimental de bloques al azar en un arreglo de tratamientos correspondientes a una matriz con aristas prolongadas, correspondiendo a un factorial incompleto. El primer factor comprendió a cuatro niveles de humedad antes de floración, aplicando el riego cuando la humedad en el suelo descendía a: 5 días después de 0%; 0%; 10% y 20% de humedad aprovechable, y el segundo factor en cuatro niveles de humedad en el período posterior a la floración de la soya, aplicando el riego cuando la humedad aprovechable descendió a: 20%, 30%, 40% y 50%. El total de tratamientos de H.A. serían 16 sin embargo se seleccionaron ocho, haciendo uso de la Matriz de tratamientos, cuyo esquema se presente en la Figura 1. Los tratamientos seleccionados se pueden ver en el Cuadro No. 5 del apéndice.

El experimento constó de cuatro repeticiones, el tamaño de la parcela fue de 6 surcos a 80 cm cada uno por 13 m de largo (62.4 m^2), la parcela útil de 4 surcos de 8 m (25.6 m^2).

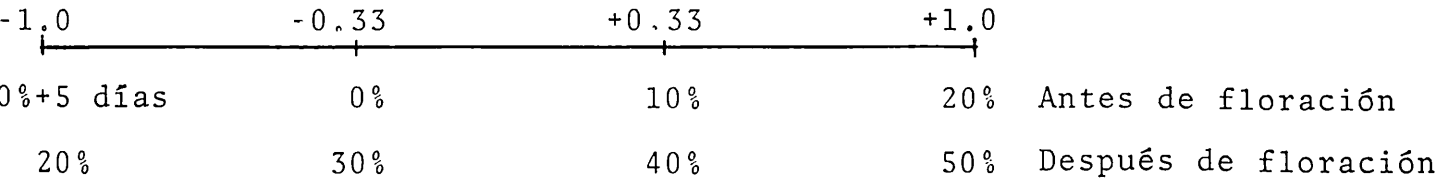
La distribución de tratamientos se puede ver en la Figura 2. del apéndice.

4.6 CONTROL DE HUMEDAD

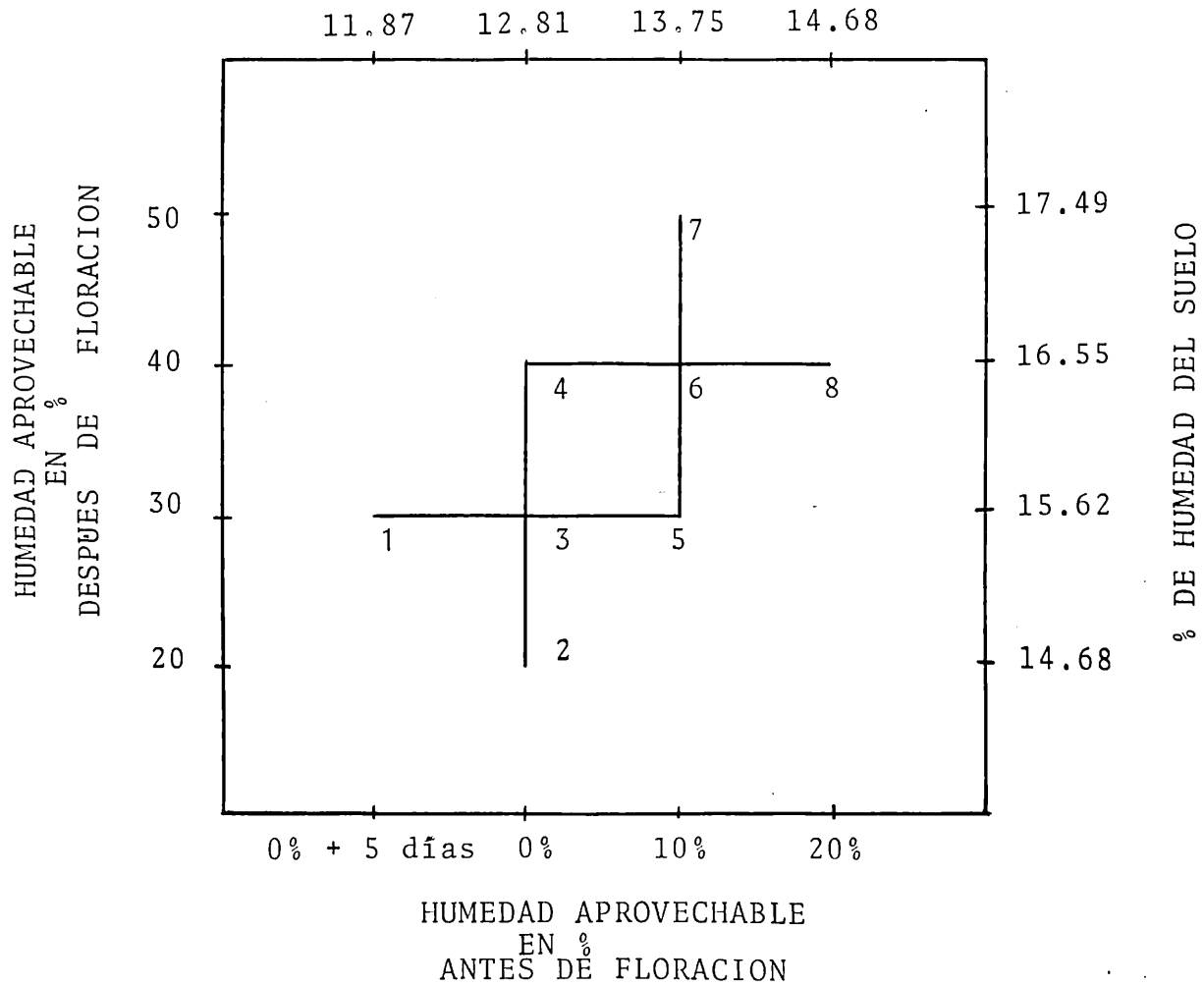
La humedad del suelo se determinó conforme al método gravimétrico propuesto por Vehimeyer y Henderson en 1906. La Capacidad de Campo y el punto de marchitez permanente se determinaron en el Laboratorio

FIG. 1 ANALISIS Y ELECCION DE TRATAMIENTOS CONFORME A LA MATRIZ PLAN PUEBLA I.

ESCALA DE LA MATRIZ PLAN PUEBLA I



% DE HUMEDAD DEL SUELO



Capacidad de Campo 22.19%
 Punto de Marchitez Permanente 12.81%

de Ingeniería de Riego y Drenaje de la S.R.H. Ver Cuadro 4 del apéndice, las curvas de tensión y humedad del suelo (Fig. 3 y 4) se encuentran en el apéndice. En estas la presión osmótica a diferentes contenidos de humedad se determinó por la fórmula siguiente:

$$P.O. = 0.36 \times CE$$

$$P.O._{ps} = \frac{P.O. \times P.S.}{Ps \text{ act.}}$$

Donde:

P.O. = Presión Osmótica a Saturación en atmósferas.

P.S. = Contenido de humedad del suelo a saturación.

Ps act. = Cualquier contenido de humedad del suelo.

P.O._{ps} = Presión Osmótica a cualquier contenido de humedad
(con este valor se calcula E.H.S.)

El esfuerzo de humedad del suelo se calcula como sigue:

$$E.H.S. = T + P.O._{ps}$$

T. = Tensión proporcionada en la olla o membrana de presión a la muestra de suelo.

Los muestreos se efectuaron en la parte media del talud de los surcos y en una orilla de la parcela útil.

4.7 APLICACION DE LOS RIEGOS

Los riegos se aplicaron conforme a una lámina constante de 10 cm con sifones calibrados de 1.5 pulgadas de diámetro, utilizando una carga hidráulica de 6 cm. Al momento de medirse la carga hidráulica del sifón, se buscaba mantener un tirante constante en el canal de riego, poniendo estacas marcadoras en el lugar donde se unía el espejo del agua y uno de los bordos del canal. En el apéndice puede verse en el Cuadro 5 una tabla con los gastos de sifones calibrados. El momento del riego se determinaba por el muestreo periódico que se seguía, y en el momento que el suelo llegaba al porcentaje de humedad previamente establecido, se daba el riego. Los porcentajes de H.A. de los tratamientos se obtuvieron de la resta de la capacidad de campo menos el punto de marchitez permanente, a este se le sacaba

el porcentaje deseado de H.A. se le sumaba al punto de marchitez permanente, dando la cantidad de humedad que debía tener el suelo al momento del riego (Ver Fig. 1). Igualmente el tiempo de riego era una condición pre-establecida, debido a que este resultaba de multiplicar el largo del surco (13 m), por el ancho (0.80m) por la lámina (0.10 m), dividiéndose esto entre el gasto de un sifón (0.70 5 L/S) con una carga hidráulica de 6 cm.

4.8 CAMBIO DE ETAPA

Teniendo un conocimiento previo de las etapas fenológicas de la especie utilizada, se pudo dividir el momento antes de la floración y el de después de la floración. Se esperaba que a los 73 días después de la siembra se presentara la floración y que al efectuarse el cambio de etapa, con otros niveles de humedad (Porcientos de humedad aprovechable), estos pudieran ser adaptados con un margen de 2-3 días antes o 2-3 días después, con el objeto de que los nuevos niveles de humedad buscados no se fueran a quedar abajo o arriba en el cambio de dicha etapa.

4.9 OBSERVACIONES

9.1 Altura de Plantas Tomada Cada 15 Días.

9.2 Relación Paja-Grano.

9.3 Rendimiento en Grano

9.4 Rendimiento en Paja.

9.5 Contenido de Proteínas del Grano.

9.6 Análisis Físico-Químico al Final del Ciclo en el Perfil de 0-30 cm.

9.7 Peso Hectolítrico del Grano.

9.8 Cierre entre surcos de soya, antes que los tratamientos más húmedos se cierren. Para efectuar esta medida, una persona con un vernier se colocaban a una distancia constante del inicio de cada hilera de surcos, posteriormente dicha persona apuntaba con el vernier hacia las hileras -

de los surcos, donde se paraba otra persona en la parte media de los mismos y a esa distancia se abría o se cerraba el vernier, conforme se observara la presencia del follaje a ambos lados de las hileras y ahí se efectuaba la lectura.

9.9. Profundidad radicular. Se hizo un pozo siguiendo la -- raíz principal hasta donde el grosor de esta era factible seguirla, de ahí en adelante se sacaban muestras de suelo donde quedaba la parte más delgada y se inspeccionaba para ver si se presentaban porciones de raíz, en el momento donde ya no se detectaba su presencia, se tomaba la profundidad radicular a partir del cuello de la planta, usando como referencia de este un travesaño que se ponía en la boca del pozo.

V RESULTADOS Y DISCUSION

El presente experimento se vió afectado en su parte final ya que se perdieron las observaciones que se venían realizando a los 120 días de iniciación del ciclo, que para la variedad Conchos 74 se estima que es de 140-150 días hasta cosecha.

En el Cuadro 7 se presentan una serie de observaciones que se realizaron en el transcurso del ciclo del cultivo y al momento de la cosecha. A continuación se efectúa el análisis y discusión de cada uno de los parámetros.

5.1 CIERRE ENTRE SURCOS DE SOYA

Esta medida se llevó a cabo a los 42 días de la siembra, teniendo en cuenta que sería el momento en que los tratamientos más húmedos todavía no se encontrarían cerrados, pues en fechas más avanzadas aún los tratamientos más secos se podrían encontrar cerrados.

El análisis estadístico en este parámetro resultó altamente significativo y con un C.V. de 34.91%, este valor es muy grande debido a que algunos surcos presentaron sus hileras cerradas y en estos casos se computaban como cero.

La tendencia que se observó, fue a medida que aumentaba la humedad del suelo, los tratamientos se encontraban más cerrados, resultando iguales al 5% de D.M.S. los tratamientos 9, 8, 6 y 5 en los cuales se intuye que hasta esta etapa tuvieron una menor evaporación directa del suelo.

5.2 ALTURA DE PLANTAS

Estas medidas se iniciaron a los 51 días de la siembra, con un intervalo de 10 días entre cada lectura. Se observó la tendencia en la soya, de responder en tiempo muy breve a los riegos con incrementos en la altura, de manera que se manifestaban muy notorias las diferencias, sobre todo en la primera etapa (antes de floración). El análisis estadístico de la última lectura que se efectuó en el momento de la cosecha, resultó altamente significativo y tanto al 5% como al 1% el tratamiento 9 resulta dife-

renta a todos los demás (Ver Cuadro 8).

Las lecturas que se tomaron hasta los 90 días de la siembra presentaron incrementos constantes, pero a los 97 días se presentó un decremento generalizado, sobre todo en los tratamientos más húmedos, esto se debió a que hubo vientos que provocaron un acame - muy leve en todo el experimento, las lecturas posteriores presentaron medidas con tendencias más definidas.

5.3 RENDIMIENTO EN KG/HA DE GRANO DE SOYA

El análisis estadístico del rendimiento en grano, arrojó diferencias altamente significativas. Tanto al 5% como al 1% de D.M.S. resultaron iguales el tratamiento 6 y 5, ambos se iniciaron en la primera etapa con 10% de humedad aprovechable, pero en la segunda el 6 tenía 40% y el 5 30%. Al 5% resultaron iguales los demás tratamientos, quedando en la siguiente forma: 7, 8, 9, 1, 4, 2 y 3.

(Continúa en la hoja No.29)

CUADRO 7. PARAMETROS OBTENIDOS DEL EXPERIMENTO " EFECTOS DE LA HUMEDAD DEL SUELO SOBRE EL RENDI
MIENTO DE LA SOYA ". CD. DELICIAS, CHIH. 1975

No.de Trat.	HUMEDAD APROVECHABLE		1	2	3	4	5	6	7	8
	A.F. *	D.F.**								
1	0% + 5 días	30%	12.75	71.3	2204	4619	726.38	92.50	25.32	2.11
2	0%	20%	7.75	75.0	1978	4468	722.83	93.75	23.71	2.29
3	0%	30%	12.38	68.0	1727	3920	725.73	80.25	22.67	2.32
4	0%	40%	9.38	70.0	2184	4760	723.88	94.00	25.16	2.21
5	10%	30%	4.75	80.0	2838	5909	723.08	89.00	25.48	2.09
6	10%	40%	4.00	70.0	3223	6713	722.70	91.00	24.78	2.11
7	10%	50%	6.50	82.3	2372	6021	724.88	86.75	24.58	2.55
8	20%	40%	3.50	79.3	2355	5990	719.50	79.75	24.38	2.57
9	40%	40%	1.63	102.5	2353	6896	720.68	94.75	25.18	2.92
Significancia			**	**	**	**	N.S.	N.S.	N.S.	**
Coeficiente de variación en %			34.91	12.71	11.55	10.04	0.87	13.45	7.16	10.64

- | | |
|---|--|
| 1. Cierre entre surcos de soya en mm tomado a 42 días de la siembra, | 5. Peso hectolítrico del grano en gr/lt |
| 2. Alturas finales de plantas tomadas al momento de la cosecha en cm. | 6. Profundidad radicular en cm tomada después de cosechar. |
| 3. Rendimiento en kg/ha de grano | 7. Porcentaje de proteína en el grano |
| 4. Rendimiento en kg/ha de forraje | 8. Relación paja de soya.- Grano. |

* Antes de floración

** Después de floración.

CUADRO 8. ALTURAS DE LA SOYA TOMADAS A TRAVES DEL CICLO EN LOS DIFERENTES TRATAMIENTOS DE HUMEDAD DEL SUELO. CD. DELICIAS, CHIH. 1975

No. de Trat.	% DE HUMEDAD		ALTURAS EN CENTIMETROS							
	A. F.*	D.F.**	PRIMER ETAPA			SEGUNDA ETAPA				
			26-VI	7-VII	17-VII	25-VII	4-VIII	11-VIII	19-VIII	9-X
1	0% + 5 días	30%	29.1	38.3	45.7	59.3	74.4	69.0	73.5	71.3
2	0%	20%	27.0	36.9	47.1	55.8	73.6	66.2	70.13	75.0
3	0%	30%	26.2	33.0	41.8	55.3	70.5	63.9	63.6	68.0
4	0%	40%	25.8	33.8	45.9	55.0	69.1	64.4	63.4	70.0
5	10%	30%	31.3	42.6	56.0	72.4	86.3	77.5	84.2	80.0
6	10%	40%	31.4	42.8	59.6	70.8	90.2	79.2	79.5	70.0
7	10%	50%	30.7	41.0	53.3	68.1	82.7	76.4	75.0	82.3
8	20%	40%	32.8	41.7	59.6	73.8	90.8	80.8	85.5	79.3
9	40%	40%	35.0	52.5	66.2	83.9	91.8	88.0	88.0	102.5

Cambio de Etapa

* Antes de floración

** Después de floración

CUADRO 9. SELECCION DE VARIABLES INDEPENDIENTES ELIMINANDO TERMINOS POR MEDIO DEL METODO BACKWARD Y STEPWISE. LAS QUE NO SATISFAGAN UN 10% DE NIVEL DE SIGNIFICANCIA.

FUENTES	RENDIMIENTO GRANO	RENDIMIENTO PAJA	PESO HECTOLITRICO	RELACION PAJA - GRANO
Ordenada al Origen	2080.5753	4532.3494	724.5456	2.1785
H_1	68.5134	162.4608	- 0.1268	-0.0748
H_2				
H_1^2	-1.5906	- 2.6600		
H_2^2				
$H_1 \times H_2$				0.0023
R^2	0.4498	0.8134	0.5481	0.8306

El análisis matemático conforme a la matriz Plan Puebla I arrojó el siguiente modelo de estimación de rendimiento $Y=2053.323+265.0198H_1-20.4933H_2-1.0481H_1^2+0.6624H_2^2-5.5775H_1H_2$, la cual dió un coeficiente de determinación (R^2) de 0.5815, o sea que el rendimiento es estimado con un 58.15% de certidumbre. También se efectuó el procedimiento de eliminación de variables independientes, (Ver Cuadro 9) eliminando aquellas que no obtenían un 10% de significancia y por este procedimiento la ecuación de Regresión que quedó fue $Y=2080.5753+68.5134H_1-1.5906H_1^2$, el coeficiente de determinación para ésta fue de 0.4498.

Para la ecuación original se puede observar, que por cada 1% de H.A. antes de floración, se incrementa el rendimiento en grano en 265.01 kg mientras que al aumentar 1% de H.A. en la etapa después de floración, se reducen los rendimientos en 20.49 kg. La causa de que aumentos de H.A. en la segunda etapa provoquen decrementos de rendimiento, resulta ilógico y esto quizá se deba a la perturbación que recibió el experimento en su parte final o a otras causas como heterogeneidad del terreno, variaciones climatológicas o a algunos errores de manejo no previstos, etc.

Los niveles óptimos económicos encontrados para esta ecuación, son, para antes de floración (H_1) 11.98 de H.A. y para después de floración (H_2) 79.89% H.A. La productividad marginal para riego por gravedad así, como la marcha utilizada para obtenerla, se encuentra en el apéndice. También se encuentra en el apéndice la marcha de obtención de la ecuación de regresión en base a unidades codificadas y los niveles óptimos económicos. La productividad marginal resultó muy pequeña y debido a esto los niveles fisiológicos son muy parecidos a los económicos, para $H_1= 11.98\%$ de H.A. y para $H_2= 79.89\%$ de H.A. El rendimiento estimado teniendo en cuenta los niveles óptimos económicos, es de 2333 kg/ha.

El Dr. Turrent y Laird (31) determinaron que para que una ecuación sea completamente práctica, esta debe comprobarse con los resultados obtenidos en otros experimentos metiéndole los niveles de humedad aprovechable utilizados, y si estos, son congruentes con los obtenidos en la práctica entonces se dice que la ecuación es funcional. Para este experimento la certidumbre de la ecuación no se pudo comprobar con otros datos.

En la ecuación original se puede observar que el nivel óptimo - económico para después de floración (H_2) se sale de sus espacios de exploración estudiados, pues el nivel más alto de H_2 llega hasta 50% de H.A. y el nivel óptimo económico calculado por medio de la ecuación de regresión es de 79.89% H.A. lo que hace pensar que este no fue bien estimado, por lo que se utilizó el método gráfico propuesto por el Dr. Turrent y Laird para calcular dichos niveles. En la Fig.5 se observa la solución gráfica de H_1 y H_2 , en la cual el triángulo fue calculado usando los costos de 1% de H.A. obtenido de la evaluación de la productividad marginal (apéndice). Las cuales resultan muy pequeñas debido a la forma de operación del Distrito de Riego lo que provoca, que para esta solución gráfica, los aumentos de 1% de H.A. antes de floración sean muy pequeños $H_1/y = 0.32$ kg de la misma manera ocurre para después de floración $H_2/y = 1.11$ kg. Esto nos indica que el óptimo económico y el óptimo fisiológico sean bastante bien parecidos, y de esta manera el nivel óptimo económico para H_1 es igual a 9.0% de H.A. y para H_2 es igual a 37.2% de H.A., mientras que los óptimos fisiológicos se encuentran para H_1 en 10% de H.A. y para H_2 en 40% de H.A.

5.4 RENDIMIENTO EN KG/HA DE FORRAJE O PAJA DE SOYA

El análisis estadístico del rendimiento en forraje resultó altamente significativo. Al 5% de D.M.S. se formaron cuatro grupos, donde el primero se encuentra formado por los tratamientos 9 y 6, el segundo por el 7, 8 y 5, el tercero por el 4, 1, 2 y el cuarto por el 3. Al 1% de D.M.S. se formaron dos grupos, el primero comprendió los tratamientos 9, 6, 7, 8, 5 y el segundo el 4, 1, 2, y 3.

La ecuación de regresión que resultó para el rendimiento en forraje fue la siguiente $Y = 5736.1683 + 386.735H_1 - 117.0089H_2 - 1.5591H_1^2 + 2.396H_2^2 - 6.9062H_1H_2$.

El coeficiente de determinación (R^2) es 0.8516 y los niveles óptimos fisiológicos son para $H_1 = 21.86\%$ de H.A. y para $H_2 = 83.46\%$ de H.A. y el rendimiento estimado usando los óptimos fisiológicos es de 7815.95 kg/ha. También se calculó la ecuación de regresión por el sistema de eliminación de términos. (Ver Cuadro 9).

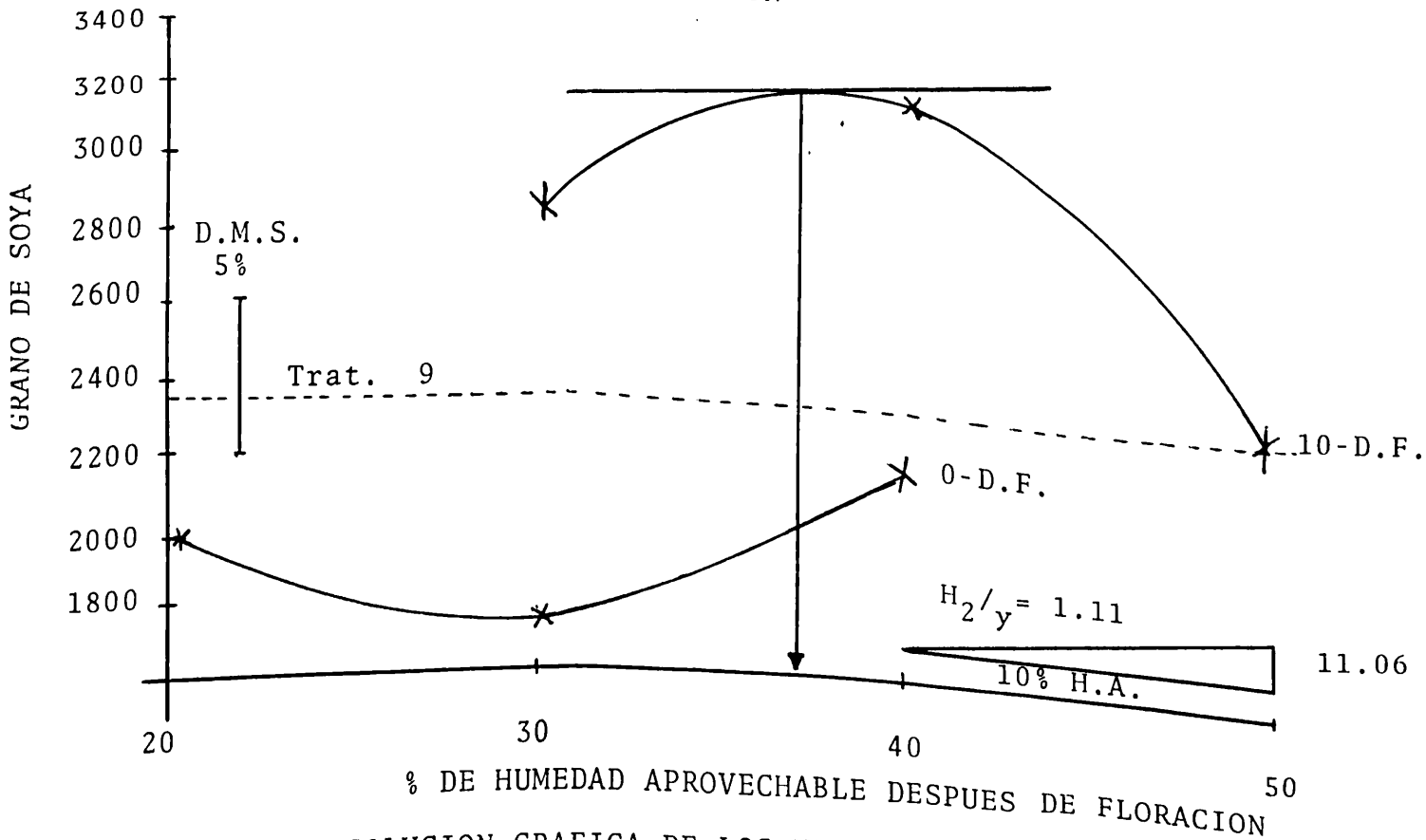
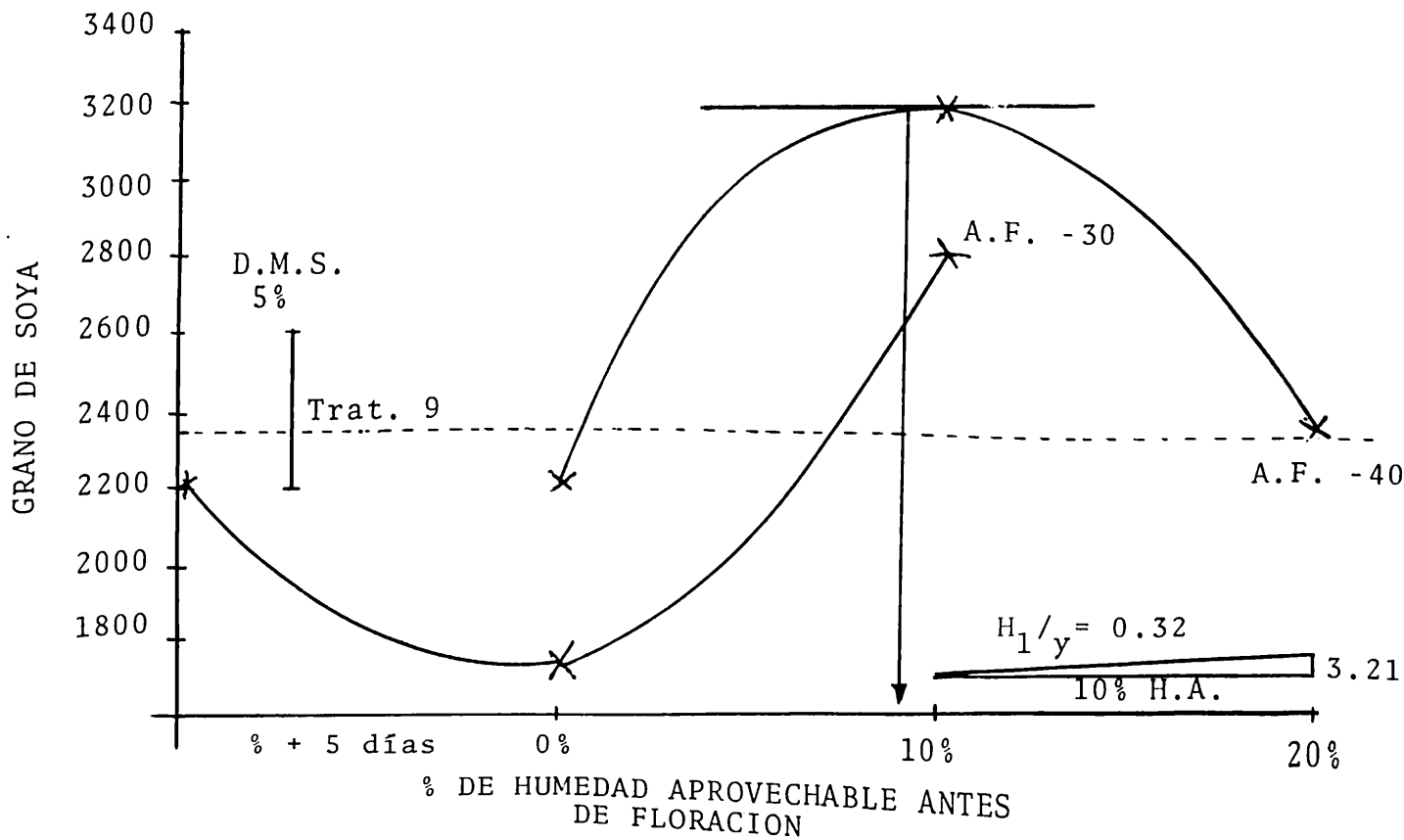


FIG. 5 A y B SOLUCION GRAFICA DE LOS NIVELES DE HUMEDAD APROVECHABLE, DETERMINANDO OPTIMO ECONOMICO PARA ANTES DE FLORACION Y DESPUES DE FLORACION.

5.5. PESO HECTOLITRICO DEL GRANO DE SOYA

El análisis de varianza de estos datos determinó que no existen diferencias significativas, en cuanto al peso del grano por unidad del volumen y que ningun tratamiento de humedad aprovechable, fue lo suficientemente sobresaliente como para traducirse en alguna diferencia que pudiera detectar al análisis practicado. Sin embargo, se observa una tendencia aunque no muy clara de que a medida que aumenta la humedad del suelo disminuye el peso hectolítrico del grano (Ver Cuadro 7). En base a esta última aseveración se efectuó el análisis de la regresión múltiple y se encontró que era la siguiente $Y = 721.5502 - 0.3715H_1 + 0.1226H_2 + 0.0051H_1^2 - 0.0004H_2^2 + 0.007H_1H_2$. El coeficiente de determinación (R^2) resultante es de 0.7052 y los niveles óptimos fisiológicos son para $H_1 = 19.44\%$ de H.A. y para $H_2 = 355.3\%$ H.A. (resultado totalmente ilógico). Para este concepto se puede observar en el Cuadro 9 que la ecuación que resultó del sistema de eliminación de términos es Lineal y que únicamente comprende la humedad aprovechable antes de floración, mientras la H.A. después de floración no queda comprendida. Esta ecuación, indica que los aumentos de humedad en la primera etapa provocan una disminución del peso hectolítrico y que por lo tanto le favorecería cierta condición de sequía. El peso hectolítrico calculado por medio de la ecuación original usando los niveles óptimos fisiológicos es de 714.16 gr/l.

5.6 PROFUNDIDAD RADICULAR

Esta medida se obtuvo después de realizada la cosecha, el análisis estadístico determinó que no existen diferencias significativas y que los niveles de humedad aprovechable, tanto antes como después de floración no fueron lo suficientemente contrastantes como para provocar diferencias significativas. A pesar de lo ya expuesto se observa una tendencia aunque no muy definida de que en los tratamientos más secos, se presentan profundidades radiculares mayores comparando estos con los tratamientos más húmedos. En función de lo anterior se determinó la ecuación de regresión múltiple la cual es la siguiente $Y = 128.9415 + 3.3711H_1 - 2.7966H_2 + 0.0299H_1^2 + 0.0477H_2^2 - 0.1136H_1H_2$. El coeficiente de determinación es 0.4957 y los niveles óptimos fisiológicos son: para $H_1 = 5.4\%$ de H.A. y para $H_2 = 64.96\%$ de H.A. y la profundidad radicular estimada con los óptimos fisiológicos es de 127.27 cm. Esta profundidad radicular estimada se encuentra dentro de los límites de profundi-

dad radicular según Howell en 1960, aunque para los fines prácticos se consideró hasta 60 cm de profundidad.

5.7 PORCENTAJE DE PROTEINA EN EL GRANO

Los porcentajes del grano de soya se observan un poco bajos, - pues una de las características de la soya es la de contener casi - por lo general cerca de un 50% de proteína (18). El análisis esta - dístico resultó no significativo, concluyéndose que los niveles de humedad aprovechable en ambas etapas no influenciaron esta medida.

Para esta característica no se buscó modelo matemático que explicara la variación obtenida al hacer variar los porcentajes de - H.A., en ambas etapas de riego del cultivo.

5.8 RELACION PAJA DE SOYA-GRANO

El análisis de varianza de esta relación determinó que los ni- veles de H.A. provocaron diferencias altamente significativas, ade- más se determinó que las relaciones más grandes se obtuvieron en - los tratamientos más húmedos y que las relaciones más pequeñas re- - presentan los tratamientos más secos. Al 5% de probabilidad se for- maron tres grupos donde el primer grupo de relaciones paja-grano - más altas estuvo formado por los tratamientos 9 y 8, el segundo por los tratamientos 7, 3, 2 y 4 y el tercero por el 6, 1 y 5. Al 1% de probabilidad se formaron dos grupos el primero estuvo formado por - los tratamientos 9, 8 y 7 y el segundo por los tratamientos 3, 2, 4, 6, 1 y 5.

El modelo matemático que surgió al analizarse los datos confor- me a la matriz Plan Puebla I es el siguiente $Y = 2.629 - 0.0916H_1 - 0.0211H_2 + 0.0002H_1^2 + 0.0002H_2^2 + 0.0025H_1H_2$, el coeficiente de determinación 0.8875 y los niveles óptimos fisiológicos que resultaron fueron para $H_1 = 7.72\%$ de H.A. y para $H_2 = 71.20\%$ de H.A. Utilizando los datos - óptimos fisiológicos se obtuvo una relación relativa de 1.82 Paja - Grano. En la ecuación se puede observar que tanto el incremento de H.A. antes de floración como después de floración, provocan decremen- tos de la relación Paja-Grano, mientras que los elementos cuadráti- cos de antes de floración y después de floración son positivos al - igual que la interacción. Esto nos indica que los aumentos de H.A. aislados provocan reacciones negativas y que la forma de aumentar

la relación paja-grano sería con una buena combinación de los niveles de H.A. antes y después de la floración. En el Cuadro 9 se observa la ecuación que resultó después de seguir el sistema de eliminación de términos, y en esta se puede observar que la interacción de riegos antes de floración por riegos después de floración guarda un lugar preponderante y tiene un buen grado de confiabilidad. De la misma manera se puede decir que los riegos antes de floración producen una influencia muy marcada sobre esta relación ya que por cada aumento de 1% de H.A. se provocaría un decremento en la relación paja-grano de 0.0748.

Analizando la tendencia que se demostraba al principio, de que los tratamientos más húmedos presentaban las relaciones más grandes y que los más secos las relaciones más pequeñas se puede confirmar que la relación que se obtuvo en la ecuación original de 1.82 es una relación bondadosa, debido a que esto, nos indica que la relación de producción de grano con respecto al forraje es bastante abundante y que solo es sobrepasada en 0.82 la producción de grano cuando los tratamientos que se usan son relativamente secos y que en general los rendimientos son considerados como buenos.

5.9 TRATAMIENTOS DE HUMEDAD APROVECHABLE

En el Cuadro 10 se puede observar el número de riegos que recibió cada tratamiento así, como la cantidad total de días en que se suspendieron los riegos por las razones ya expuestas al inicio de este capítulo. También se observa la lámina teórica de riego calculada para llevar el suelo a capacidad de campo y la lámina de riego proporcionada al cultivo. Aquí se puede observar que los tratamientos 1, 2 y 3 recibieron dos riegos de auxilio más el riego de pre-siembra. Los tratamientos 4 y 5 recibieron tres auxilios, el 6, 7 y 8 recibieron cuatro y el tratamiento 9 recibió cinco auxilios.

En cuanto a los rendimientos el tratamiento 6 produjo los más altos con 10% de humedad aprovechable antes de floración y 40% después de floración, con una lámina total aplicada de 55 cm. Este tratamiento fué igual estadísticamente al tratamiento No.5 con 10% y 30% respectivamente antes y después de floración y con una lámina de riego total de 45 cm.

CUADRO 10. NUMERO DE DIAS ENTRE RIEGOS Y TOTAL DE RIEGO, ASI COMO LAMINA DE RIEGO CALCULADA PARA LLEVAR EL SUELO A CAPACIDAD DE CAMPO Y LAMINA DE RIEGO PROPORCIONADA. CD.DE LICIAS, CHIH. 1975.

	% de Humedad		R I E G O S					A U X I L I O TOTAL
	Antes de Floración	Después de Floración	1o.	2o.	3o.	4o.	5o.	
1	0+5 días	30	69	' 29				98
			10.63	' 7.08				33.71
			10.00	' 10.00				35.00
2	0	20	63	' 35				98
			10.12	' 8.10				34.22
			10.00	' 10.00				35.00
3	0	30	63	' 35				98
			10.12	' 7.08				33.20
			10.00	' 10.00				35.00
4	0	40	63	' 15	22			100
			10.12	' 6.07	6.07			38.26
			10.00	' 10.00	10.00			45.00
5	10	30	45	' 21	32			98
			9.10	' 9.10	7.08			38.28
			10.00	' 10.00	10.00			45.00
6	10	40	45	' 21	28	18		112
			9.10	' 9.10	6.07	6.07		46.34
			10.00	' 10.00	10.00	10.00		55.00
7	10	50	45	' 21	26	9		101
			9.10	' 9.10	5.05	5.05		44.30
			10.00	' 10.00	10.00	10.00		55.00
8	20	40	37	' 19	30	18		104
			8.10	' 8.10	6.07	6.07		44.34
			10.00	' 10.00	10.00	10.00		55.00
9	40	40	29	' 20	17	28	18	112
			5.47	' 5.47	5.47	6.07	6.07	44.55
			10.00	' 10.00	10.00	10.00	10.00	65.00

NOTA: La lámina calculada y la lámina aplicada incluyen 15 cm del riego de pre-siembra, - el cual se dió 13 días antes de la siembra. Línea punteada representa cambio de etapa.

CUADRO 11. DETERMINACION DE LA EFICIENCIA DE USO DE AGUA DE RIEGO DE LOS TRATAMIENTOS DE HUMEDAD APROVECHABLE. CD. DELICIAS, CHIH. 1975.

No. Trat.	A.F.	D.F.	Lámina Total cm	Rendto. kg/ha	Producción de gra no gr/M ³ de agua
1	0% + 5 días	30	35	2204	630
2	0	20	35	1478	565
3	0	30	35	1727	493
4	0	40	45	2184	485
5	10	30	45	2838	631
6	10	40	55	3223	586
7	10	50	55	2372	431
8	20	40	55	2355	428
9	40	40	65	2353	362
10*			95	2345	247

A.F. = Antes de floración

D.F. = Después de floración

* Agricultor cooperante.

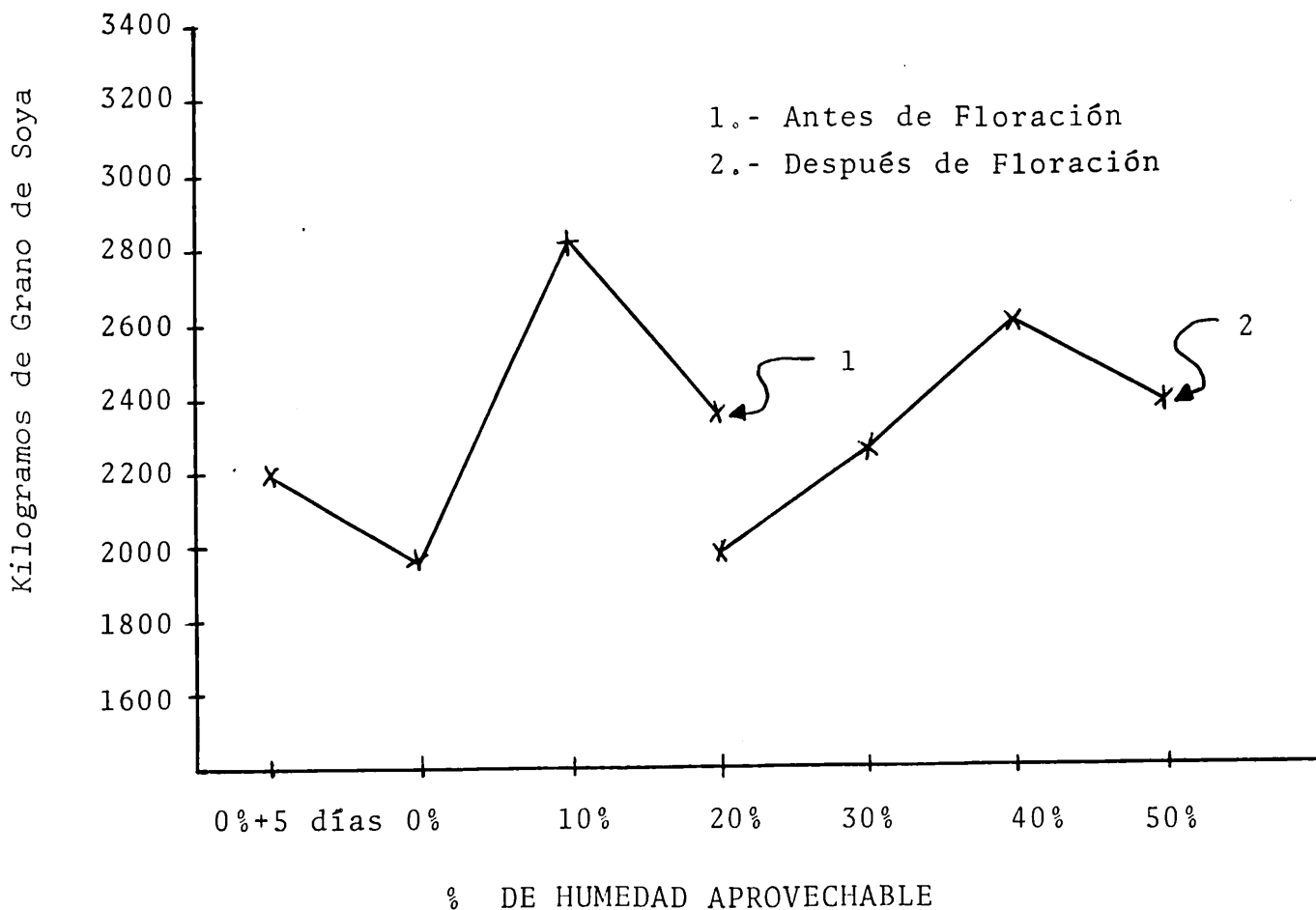
En el Cuadro 11 se puede observar que los tratamientos que tuvieron una mayor eficiencia de uso (gr de grano por M³ de agua) del agua de riego, fueron en orden descendente los tratamientos 5, 1, 6, 2, 3, 4, 7, 8, 9 y al último quedó la siembra comercial del agricultor cooperante. Esto se debe a que las láminas de riego en la práctica no se controlan y por lo general son bastante grandes, lo cual se debe a que el Distrito de Riego no proporciona por volumen dicha agua. Esto hace que por el momento no sean muy prácticas las determinaciones que se efectúan en este aspecto y por el contrario reviste más importancia el momento del riego para el agricultor del Distrito de Riego No. 05.

En la Figura 6 se puede observar la forma en que influyeron los porcentajes de humedad en cada una de las dos etapas, para la gráfica de antes de floración se puede observar que el punto de 0% de H.A. se cayó y que no representa el incremento en rendimiento esperado, al compararlo éste con el punto de 0% de H.A. más 5 días, posteriormente la curva declina al llegar a 10% de H.A. cosa que se esperaba, la gráfica después de floración presenta un incremento en rendimiento más propor-

cional a lo esperado, llegando este hasta el punto de 40% de H. A. y después declina. Esta forma de arreglar los datos en esta gráfica nos dice que los puntos óptimos fisiológicos se encuentran en 10% de H.A. antes de floración y 40% de H.A. después de floración.

De las Figuras 7-15 (apéndice) se puede observar la variación en el contenido de humedad del suelo, así como los momentos de lluvias y riegos. Cabe hacer notar que en la Figura 7 la cual corresponde al tratamiento 1 o sea el que en la primera etapa tenía 0% de H.A. más 5 días, el riego se dió a un porcentaje de humedad total del suelo, que quedó a una distancia equidistante en humedad aprovechable con respecto a los rangos que se estaban estudiando.

FIG. 6 RENDIMIENTO DE GRANO DE SOYA EN FUNCION DE LA HUMEDAD APROVECHABLE DEL SUELO PARA CADA UNA DE LAS DOS ETAPAS DE CRECIMIENTO.



5.10 SINTOMAS DE EXCESO DE HUMEDAD

Los tratamientos de humedad aprovechable que se iniciaron con niveles altos en la primera etapa, provocaron que la planta de soya manifiestara un color amarillento o verde alimonado en forma generalizada, en un termino de 24 horas después que se aplicaba el riego, mientras que los tratamientos que tenían bajos contenidos de H.A. no presentaron esta coloración, o si se presentó casi fué imperceptible.

5.11 SINTOMAS DE SEQUIA

Las plantas en los tratamientos más secos como el 1, 2, 3, y 4 en los momentos antes del riego presentaban una coloración verde oscura y sus hojas se observaban flácidas o sea con falta de turgencia.

5.12 ANALISIS DE MUESTRAS DE SUELO AL FINAL DEL CICLO

En el Cuadro 12 se observan los valores promedio del análisis de suelo que se practicó al finalizar el ciclo del experimento, los cuales nos servirán para observar algunas tendencias en cuanto a los tratamientos de humedad aprovechable, debido a que las muestras de suelo que se tomaron al establecerse el experimento, no fueron por parcela y por lo tanto no se puede tener puntos de referencia lo suficientemente exactos, al igual que los análisis se realizaron en diferentes laboratorios. Los conceptos del Cuadro 12 se discuten a continuación.

5.12.1 Nitrógeno

El análisis estadístico determina que no existen diferencias significativas debido a los tratamientos y que por lo tanto el alto o bajo número de riegos, no influyó en la capacidad de los nódulos de la raíz, para fijar mayores cantidades de nitrógeno como para que se apreciaran diferencias significativas. A pesar de lo anterior se observan tendencias aunque no muy claras, pues los tratamientos que recibieron un mayor número de riegos presentan porcentajes de nitrógeno más altos y los tratamientos que recibieron menos riegos presentaron porcentajes más bajos. Con respecto al muestreo inicial o sea el que se efectuó al momento del establecimiento del experimento, el tratamiento 7 (10% + 50%) fué el que obtuvo los mayores incrementos con 292% en cuanto al nitrógeno fijado y el tratamiento 4 (0% + 40%) obtuvo los más bajos con 110%.

En el Cuadro 7, el tratamiento 7 es superior al tratamiento 4 en rendimiento en grano, paja, peso hectolítrico, relación paja-grano y altura final. Mientras que el tratamiento 4 es superior al tratamiento 7 en cuanto al cierre entre surcos, profundidad radicular y contenido de proteína del grano.

5.12.2 p.H. El Análisis Estadístico del Potencial Hidrógeno resultó no Significativo.

En cuanto a los valores finales de pH comparados con los iniciales, se observó un decremento en cuanto a la alcalinidad. El tratamiento 3 (0% + 30%) fué el que tuvo el menor decremento con 3.90% y el tratamiento 1 (0% y 5 días + 30%) fué el que tuvo el mayor con 7.32%.

5.12.3 Materia Orgánica.

El análisis estadístico no encontró diferencias significativas y en cuanto a los valores finales y a los valores iniciales se observó un decremento de esta. El tratamiento 9 (40% + 40%) presentó los más pequeños decrementos de M.O. con 12.63% y el tratamiento 6 (10%+40%) presentó los más grandes con 21.05%.

5.12.4 Conductividad Eléctrica

El análisis estadístico de este parámetro al igual que los anteriores resultó no significativo. A pesar de lo anterior se observan tendencias bien definidas, pues comparando el valor inicial con los obtenidos al final del ciclo se observa que los tratamientos que recibieron un menor número de riegos (tratamientos 1, 3, 5, 2 y 4) presentan valores de C.E. mayores que el inicial, mientras que los tratamientos que recibieron un mayor número de riegos (tratamientos 8, 7, 6 y 9) presentan valores de C.E. menor que el inicial. El tratamiento 1 (0% y 5 días + 30%) fue el que presentó las C.E. más alta que la inicial con un incremento de 97% mientras que el tratamiento 9 (40% + 40%) presentó los valores más bajos con un decremento con respecto al inicial de 21.54%.

5.12.5 Fósforo

El análisis estadístico para este parámetro resultó significativo siendo iguales estadísticamente al 5% de probabilidad los tratamientos 5, 7, 4, 3 y 6, y diferentes a los tratamientos 9, 8, 2 y 1. Den

tro del primer grupo de tratamientos el 3 y 4 presentan los rendimientos más bajos, y lo mismo se observa en otros parámetros, en estos cabe mencionar que en su primera etapa se regaron al cero por ciento de humedad aprovechable, al igual que dentro de este mismo grupo se observan los tratamientos 5, 4 y 6 los cuales presentan los rendimientos más altos y lo mismo ocurre con otras variables, en estos cabe mencionar que se regaron a un 10% de humedad aprovechable en la primera etapa.

5.13 EVALUACION ECONOMICA DE LOS TRATAMIENTOS DE HUMEDAD APROVECHABLE.

Para llevar a efecto la evaluación económica fue necesario que se identificara los porcentos de humedad aprovechable de ambas etapas con su número de riegos totales. En el Cuadro 13 se puede observar que el número de riegos aumenta según aumenta el % de H.A. Para este caso se puede ver que tratamientos que recibieron igual número de riegos presentan diferentes rendimientos, pero esto se debe a que la oportunidad o el momento del riego jugó un papel muy importante. En dicho cuadro se sumaron los ingresos producidos por el grano de soya y el forraje. En el caso del forraje se le restó a este los costos de producción debido a que entre el empacado con alambre, acarreo y apilamiento se lleva por cada paca de 20 kg \$ 3.50. En la columna de ganancia neta con respecto de los tratamientos de riego, se puede observar que los mayores ingresos económicos se obtienen con el tratamiento 10, el cual responde al nivel óptimo económico determinado por el método gráfico y auxiliado por el método matemático, a continuación le sigue el tratamiento 6 y posteriormente el 5. El tratamiento 9 que disponía de humedad potencial en las dos etapas, nos dice según las utilidades, que esto no es lo más indicado. También se puede ver, que la metodología seguida en la siembra comercial por el agricultor cooperante, no fue muy remunerativa, pues el número de riegos fue excesivo y quizás le provocaron a la planta algunos problemas de falta de oxígeno, lo cual a la larga produjo bajos rendimientos.

CUADRO 13. EVALUACION ECONOMICA DE LOS TRATAMIENTOS DE HUMEDAD APROVECHABLE CON RESPECTO AL NUMERO DE RIEGOS PROPORCIONADOS, TENIENDO EN CUENTA LA PRODUCCION DE GRANO Y FORRAJE. CD. DELICIAS, CHIH. 1975.

No. de Trat.	% de Humedad APROVECHABLE		Riego de Pre-siembra mas auxilios	Costo total de riegos - \$	Valor del grano \$	Ganancia neta del forraje \$	Ganancia neta con restricci3n de trat. de riego \$	
	A.F.	D.F.						
1	0 +	50	30	3	279	7,053.00	346.00	7,120.00
2	0		20	3	279	6,330.00	335.00	6,386.00
3	0		30	3	279	5,526.00	294.00	5,541.00
4	0		40	4	372	6,689.00	357.00	6,974.00
5	10		30	4	372	9,082.00	443.00	9,153.00
6	10		40	5	465	10,314.00	503.00	10,352.00
7	10		50	5	465	7,590.00	452.00	7,577.00
8	20		40	5	465	7,536.00	449.00	7,520.00
9 T	40		40	6	558	7,530.00	517.00	7,489.00
10 *	9.0		37.20	4.53	421	10,368.00	495.00	10,442.00
11 **				6	558	7,504.00	473.00	7,419.00

* Nivel Optimo Econ3mico

** Rendimiento del Agricultor Cooperante

NOTA: Costo por riego aplicado \$ 93.00; Costo de tonelada de grano de soya \$ 3,200.00 y de paja de soya \$ 200.00 (En pacas de 20 kg con un valor de \$5.00 por paca)

VI CONCLUSIONES

1.- Los niveles de humedad más altos provocaron un cierre entre surcos más prematuro, que los niveles de humedad aprovechable más bajos, se intuye que los tratamientos que cerraron primero sus surcos tuvieron menos pérdidas por evaporación directa del suelo que los tratamientos que se tardaron más tiempo en cerrar sus surcos, al igual que se redujo la posibilidad de presencia de malas hierbas las cuales en la primera etapa del cultivo compiten fuertemente por nutrientes en el suelo.

2.- Altura de plantas. La soya en la primera etapa o sea antes de que se inicie la floración, responde en tiempo muy breve con incrementos en altura a los riegos que se le aplican. En la segunda etapa o sea después de floración se observa que los tratamientos más húmedos son más susceptibles al acame.

3.- Rendimiento en grano. Los tratamientos de humedad que resultaron mejores, fueron el tratamiento 6 o sea 10% de humedad aprovechable en la primera etapa y 40% en la segunda, este tratamiento fue igual al 5 que tuvo 10% de humedad aprovechable en la primera etapa y 30% en la segunda.

El óptimo económico encontrado por el método matemático, difiere del encontrado por medio del método gráfico, por lo que se optó en generalizar estas cantidades, en rangos definidos: para antes de floración de 0-10% de H.A. y para después de floración de 30-40% de H.A.

4.- Rendimiento en forraje. Los niveles de humedad más altos produjeron los mayores rendimientos en forraje de soya, siendo esta relación inversa con respecto a la producción de grano. O sea que a medida que se aumentaba la producción de forraje disminuía la producción de grano.

5.- Peso hectolítrico. Este parámetro no se vió influenciado por los niveles de humedad aprovechable, sin embargo se observó una tendencia aunque no muy clara de que a medida que aumenta la humedad del suelo disminuye el peso hectolítrico.

6.- Profundidad radicular.- Esta característica se encuentra fuertemente ligada a la compactación local del suelo, además que los niveles de humedad aprovechable tanto antes como después de la floración no pudieron promover diferencias específicas entre los tratamientos estudiados. A pesar de lo expuesto se observó una tendencia aunque no muy clara a presentarse mayores profundidades radiculares en los tratamientos más secos, comparando estos a los más húmedos.

7.- Porcentaje de proteína. Esta característica del grano de soya no se vió afectada por los niveles de humedad aprovechable.

8.- Relación paja de soya-grano. Esta relación se vió fuertemente influenciada por los niveles de humedad aprovechable en ambas etapas, concluyéndose que los niveles de humedad altos se transformaron en altas relaciones de paja de soya con respecto al grano, mientras que los niveles de humedad bajos presentaron relaciones bajas.

9.- Tratamientos de humedad aprovechable. Los mejores tratamientos en cuanto a rendimiento en grano fueron el 6 y 5. Ambos tuvieron un 10% de humedad aprovechable en la primera etapa y la segunda el 6 tuvo 40% y el 5 tuvo 30%. La eficiencia de uso de agua de riego fue mejor en el tratamiento 5 y después le siguió el 6.

10.- Síntomas de excesos de humedad. Los tratamientos más húmedos en la primera etapa provocaron que la planta sufriera por excesos presentando un color amarillento o verde alimonado.

11.- Síntomas de sequía. Los tratamientos secos provocaron que las plantas se observaran de un color verde oscuro.

12.- Análisis de muestras de suelo al final del ciclo.

a) Nitrógeno. En todos los tratamientos se observó un incremento del nitrógeno fijado iendo desde 110% en el tratamiento 4 (0% + 40%) hasta 292% en el tratamiento 7 (10% + 50%). Aún así estas diferencias no fueron significativas.

b) pH. Se observó una reducción muy ligera en cuanto a la alcalinidad nó alcanzando diferencias significativas.

c) Materia orgánica. Se observó un decremento en forma generalizada en todos los tratamientos.

- d) Conductividad eléctrica. No se encontraron diferencias significativas debido a tratamientos, pero a pesar de esto se observó que los tratamientos que recibieron un menor número de riegos presentan valores de C.E. mayores que el inicial o sea la C.E. que existía al momento de establecerse el experimento, y los tratamientos que recibieron un mayor número de riegos presentan una C.E. menor que la del inicio.
- e) Fósforo. El análisis estadístico resultó significativo, observándose que los tratamientos que se regaron antes de la floración del 0-10% de H.A. y los que se regaron después de floración entre 30 y 40% de H.A. fueron los que dejaron una mayor cantidad de P_2O_5 en el terreno. Cabe hacer mención que dentro de estos rangos quedarán los tratamientos más rendidores. Mientras que los que se regaron fuera de estos rangos dejaron menos P_2O_5 en el terreno y a su vez los rendimientos fueron bajos.

13.- Evaluación económica de los tratamientos de humedad aprovechable. En este aspecto se puede concluir que los mayores ingresos los proporcionaron los tratamientos 6 (10% + 40%) y 5 (10% + 30%) mientras que los niveles óptimos económicos (9% + 37.2%) calculados para antes y después de floración sobrepasan a estos tratamientos.

14.- Se recomendaría continuar con la presente línea de investigación con el fin de observar los detalles que quedaron por observarse en el presente experimento y de esta forma afinar más los datos que se tuvieron para la recomendación de un calendario de riegos.

VII RESUMEN

La soya es un cultivo que ocupa un lugar importante en la agricultura mundial, debido principalmente a sus propiedades alimenticias e industriales. En México en 1974 se sembró de soya 311,405 ha con una producción de 489,614 ton de grano, las cuales se estima que produjeron 195,846 ton de proteína y 97,923 ton de aceite. Bajo condiciones de riego la soya es muy susceptible a los excesos de humedad, especialmente en el estado de plántula.

En el Distrito de Riego 05 se han encontrado grandes restricciones físicas y económicas que limitan el tiempo de aplicación y la cantidad de agua que ha de aplicarse en los riegos, debido a la gran heterogeneidad de los suelos y la forma de dotación de agua por la S.R.H.

El Programa de Suelos del Campo Agrícola Experimental de Cd. Delicias, Chih., inició la línea de investigación de riegos de soya el año 1971, siguiendo el 1972 y 1973 utilizando el criterio de riegos conforme a las etapas críticas del cultivo. En 1975 se vió la conveniencia de obtener información de las siembras que se realizan como primer cultivo y se estableció el presente experimento en base a niveles de humedad aprovechable, haciéndolos variar de la etapa de siembra a floración y de la floración a la madurez fisiológica del grano, se utilizó una matriz de tratamientos correspondiente a un cuadrado con aristas prolongadas, por medio de la cual se eligieron 8 tratamientos, de humedad aprovechable antes de floración y después de floración.

En la metodología que se siguió se determinaron las constantes de humedad: capacidad de campo y el punto de marchitez permanente. Posteriormente se determinaron los niveles de humedad aprovechable y se sumaron al contenido de humedad, correspondiente al punto de marchitez permanente.

Se efectuaron una serie de observaciones del tipo agronómico para determinar la bondad o el efecto de los tratamientos, entre las cuales se contó con altura de plantas, relación paja de soya - grano, rendimiento en grano, etc.

En cuanto al rendimiento en grano, el análisis estadístico, arrojó diferencias altamente significativas. Tanto al 5% como al 1% de D.M.S. resultaron iguales el tratamiento 6 y 5. Ambos se iniciaron en la primera etapa con 10% de humedad aprovechable, pero en la segunda etapa el 6 tenía 40% de H.A. y el 5 tenía 30% de H.A.. En cuanto al análisis matemático conforme a la matriz Plan Puebla I arrojó el siguiente modelo de estimación de rendimiento: $Y = 2053.323 + 265.0198 H_1 - 20.4933 H_2 - 1.0481 H_1^2 + 0.6624 H_2^2 - 5.5775 H_1 H_2$. Los niveles óptimos económicos encontrados fueron, para $H_1 = 11.98\%$ de H.A. y para $H_2 = 79.98\%$ de H.A.

- 1.- Anónimo 1967.- Guía de riego, Distrito de Riego 05 Delicias, Chih. Departamento de Ingeniería de Riego y Drenaje. Cd. Delicias, Chih. México.
- 2.- Anónimo 1971.- Boletín Meteorológico del Estado de Chihuahua compendio 1957 - 1971. Unión Ganadera Regional de Chihuahua. Boletín No. 10.
- 3.- Baldovinos de la P.F. 1956.- Clorosis de la soya cultivada en suelos con cantidades inasimilables de manganeso. Tesis de Maestro en Ciencias presentada en la Universidad de Carolina del Norte, Raleigh, N.S. U.S.A.
- 4.- Brun, L.J., E.T. Kanemasu y W.L. Powers 1972. Evapotranspiration - from soybean and sorghum fields. Agronomy Journal. - Vol. 64, March-April 1972.
- 5.- BATTERY, B.R. 1970.- Effects of variation in Leaf Area Index on Growth of Maize and Soybean. Crop. Science. Vol. 10, January-February 1970.
- 6.- Crispín, M.A. y C. Barriga, S. 1970. El cultivo de la soya en México. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. S.A.G. Folleto Divulgativo No. 38 Abril de 1970. México.
- 7.- Doss, B.D.; y R.W. Pearson; H.Y. Rogers. 1974.- Effect of soil water stress at various Growth stages on soybean yield. Agron. Jour Vol. 66 March-April 1974.
- 8.- Eagleman, J.R. y W.L. Decker. 1965.- The Role of Soil Moisture in evapotranspiration. En Agronomy Journal, Vol. 57: 626-629.
- 9.- Fukui, J. and M. Ojima 1957.- Influence of soil moisture content on the growth and yield of soybean. V. Changes of carbohydrate and Nitrogen in soybean plant as affected by deficient on excessive soil moisture contents at various growth periods. Crop Sci. Soc. Jap. Proc. 26: 40-42 (English summary).

- 10.- Grable, A.R. and R.E. Danielson 1965.- Effect of carbon dioxide, origen and soil moisture suction on germination on corn and soybeans. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 29: - 12-18.
- 11.- Grant, V. et al 1972.- Nodulation and nitrogen Fixation pp.353-373. In Soybeans: Improvement production and use. Ed. By B.E. Cald. well, A.S. Agronomy No. 16.
- 12.- Hanks, R.J., and F.C. Thorp 1957.- Seedling emergence of wheat, - corn, grain sorghum, and soybeans as influenced by soil crust strength and moisture content. Soil Sci. Soc. American Proc. 21: 357.
- 13.- Henderson, D.W. 1967.- Sugar, Oil, And Fiber Crops. Part. III Oil Crops. In Irrigation of Agricultural Lands. Ed. By Haggan, R.M., H.R. Haise, T.W. Edminster. Agronomy - No. 11 pp 655-656.
- 14.- Hodges, R.J. et al 1914.- Keys to Profitables Soybean Production. In FACT-SHEET. Texas A & M. University Agricultural Extensi3n Service.
- 15.- Howell , R.W. 1960.- Physiology of soybean. Advance Agron. 12: 265-310.
- 16.- Hunter, J.R. and A.E. Erickson. 1952.- Relation of seed germina-- tion of soil moisture tension. Agron. J. 44: 107-109.
- 17.- Johnston T.J., J.W. Pendleton. 1968. Contribution of leaves at di^{ff}erent Canopy levels to seed Production of Upright and Lodged Soybeans (Glycine max (L.) Merrill). Crop Science, Vol. 8, May-June-1968 pp 291-292.
- 18.- Krober, O.A. and J.L. Carter. 1962. Quantitative interrelations - of protein and nonprotein constituents of soybeans.- Crop Sci. 2: 171-172.

- 19.- Lagarda, M.R. 1975.- La interacción humedad por variedad en relación a la producción del cultivo del trigo. Tesis Profesional. Escuela Nacional de Agricultura. Chapingo - - México.
- 20.- Lee, R.V. y E. Villarreal 1972.- Efecto del calendario de riego sobre los rendimientos del cultivo de la soya, Cd. Delicias, Chih., Proyecto SUE 72 (CIANE-2) 11.1 CIANE-INIA-SAG. México.
- 21.- MacAlister, D.F., y O.A. Krober 1951.- Traslocation of food reserves from Soybean cotyledons on their influence on the development of the plant. Plant physiologi 26: 525-538.
- 22.- Manjarrez S.R. y E. Villarreal 1971.- Efecto de calendarios de riego en el rendimiento y algunas características agronómicas en el cultivo de la soya. Proyecto SUE 71 (CIANE-2) 11.2 Informe de investigación agrícola Ciclo 1970-71 CIANE-INIA-SAG. México.
- 23.- Manjarrez S.J.R. 1972.- Fertilización del trigo en la región agrícola de Cd. Delicias, Chih., Tesis Profesional, Escuela Nacional de Agricultura, Chapingo, México.
- 24.- Peters, D.B. and L.C. Johnson 1960. Soil moisture use by soybeans. Agron. J. 52: 687-689.
- 25.- Reyes, M.D. y E. Ortega T. 1967.- Efecto de la Humedad del Suelo y de la Fertilización Nitrógenada sobre el Rendimiento y algunas características del algodonero en la Costa de Hermosillo. Folleto Técnico No. 52. Mayo de 1967. INIA-SAG. México.
- 26.- Reyes, M.D. 1969.- Efecto de la humedad del suelo, de nitrógeno y fósforo, sobre el rendimiento y otras características de la soya, en el Valle del Yaqui, Son. en Informes 1969-70 CIANO-INIA-SAG. México.

- 27.- Reyes, M.D. 1971, Láminas mínimas de riego y máximo rendimiento de algodón, fertilizando con nitrógeno y fósforo, en la Costa de Hermosillo. Tesis de Maestro en -- Ciencias. Colegio de Postgraduados. E.N.A. Chapingo, - México.
- 28.- Rubel, A., R. W. Rinne and D.T. Canvin 1972. Protein oil, - and Fatty acid in developing soybean seeds. In Crop - Science, Vol. 12 Nov. - Dec. 1972 pp. 729-741.
- 29.- Shaw, R.H. and D.R. Laing. Moistur Stress and Plant Responses. In Plant Enviroment and eficient water use (eds) W.H. Pierre et al.
- 30.- Shibles, R.M. y C.R. Weber 1965. Leaf Area, Solar Radiation Interception and Dry Matter Production by soybeans. In Crop Science, Vol. 5 pp. 575-577.
- 31.- Turrent, F.A. y R. J. Laird 1975. Matrices Plan Puebla. Colegio de Post-Graduados de la Escuela Nacional de Agri cultura. Chapingo. S. A. G. México.
- 32.- Vázquez A.R.E. 1973. Influencia del calendario de riego sobre el desarrollo vegetativo y fructífero en dos variedades de soya, Davis y Cajeme Proyecto SUE 73 (CIANE-2) II.3. INIA-SAG. México.
- 33.- Vázquez A.R.E. 1974. Estimación de uso consuntivo en los - principales cultivos regionales a partir de datos climatológicos. Cd. Delicias, Chih. Proyecto SUE 74 (CIANE-DELICIAS) II.5 INIA-SAG. México.
- 34.- Whitt, D.M. y C.H.M. Van Bavel 1955. Irrigation of Tabacco, peanuts, and soybeans. pp. 376-381. En Water Yearbook Agr. (U.S. Dep. Agr.) U.S. Gov't Printing office, - Washington.

IX. A P E N D I C E

EVALUACION DE LA PRODUCTIVIDAD MARGINAL DE 1% DE HUMEDAD APROVECHABLE DE LA PRIMERA ETAPA Y DE LA SEGUNDA ETAPA.

1. Para desarrollar la Ecuación de Regresión es necesario hacerlo en las unidades que se está trabajando o sea en base a " Humedad Aprovechable " para este caso.
2. Para la evaluación del costo de 1% de H.A. tanto de la primera etapa como de la segunda. Se consideran todas las prácticas que el agricultor tiene que realizar en su terreno, para la aplicación de los riegos y evaluarlas económicamente tanto en la primera etapa como en la segunda etapa.
3. Se considera el número de riegos de uno de los tratamientos potenciales, teniendo en cuenta el número de riegos que se dieron en la primera etapa y cuántos en la segunda.
4. Determinar el costo de 1 cm de lámina aplicado para cada una de las etapas.
5. Determinar la lámina correspondiente a 1% de H.A. para cada una de las etapas.
6. Multiplicar el costo de 1 cm de lámina por la lámina correspondiente a 1% de H.A. lo cual representa el costo de aplicación de 1% H.A. en el terreno.

ESTUDIO ECONOMICO PARA RENDIMIENTO DE GRANO DE SOYA (Base una Hectárea)

COSTO DE CONCEPTOS

GRAVEDAD	BOMBEO
\$	\$

PRIMERA ETAPA (H₁)

1. Trazo de riego	30.00	30.00
2. Tractor para marcar	10.00	10.00
3. Camelloneo o surcado	80.00	80.00
4. Construcción de canales	16.00	16.00
5. Pegar bordos y canales	65.00	65.00
6. Costo de 15 cm de lámina (riego de pre-siembra). Se desprecia costo por volúmen en gravedad.	21.00	267.00
7. Dos regadores para aplicar 15 cm de lámina (considerando un Q=80 L/S)	78.00	78.00
8. Revivir bordos después del segundo cultivo.	35.00	35.00
9. Pegar bordos	44.00	44.00
10. Costo de agua de dos riegos de auxilio de 10 cm de lámina cada uno (Se desprecia costo por volúmen en gravedad)	42.00	356.00
11. Salario de dos regadores en dos riegos de auxilio (considerando un Q= 80 L/S).	146.00	146.00
12. Varios (uso de palas, lámparas, lonas y sifones).	32.00	32.00
13. Costo de lámina aplicada hasta el momento (suma de 1-13).	599.00	1,159.00
14. Costo de 1 cm de lámina de agua aplicada en la primer etapa. Concepto 13 entre lámina aplicada hasta ese momento.	17.11	33.11

SEGUNDA ETAPA (H₂)

1. Trazo de riego	30.00	30.00
2. Tractor para marcar	10.00	10.00
3. Camelloneo o surcado	80.00	80.00

	GRAVEDAD \$	BOMBEO \$
4. Construcción de canales	10.00	10.00
5. Pegar bordos y canales	65.00	65.00
6. Revivir bordos después del segundo cultivo.	35.00	35.00
7. Pegar bordos	30.00	30.00
8. Costo de dos riegos de auxilio de 10 cm de lámina cada uno.	28.00	356.00
9. Salario de dos regadores en dos riegos de auxilio de 10 cm cada uno.	144.00	144.00
10. Varios (Uso de palas, lonas, lámparas, sifones)	40.00	40.00
11. Costo de lámina aplicada hasta el momento (Suma de 1-10)	472.00	800.00
12. Costo de 1 cm de lámina de agua aplicada en la segunda etapa. Concepto 11 entre la lámina aplicada hasta ese momento.	23.60	40.00

COSTO DE 1% DE HUMEDAD APROVECHABLE EN H_1	GRAVEDAD	BOMBEO
1. Lámina de agua correspondiente a 1% de humedad aprovechable ($0.1290 \% P_s$) para la capa de suelo 0-30 cm.	0.06 cm	0.06 cm
2. Costo de 1 cm de agua aplicado en la primera etapa.	\$ 17.11	\$ 33.11
3. Costo de 1% de humedad aprovechable para humedecer la capa de suelo 0-30 cm en la primera etapa (conceptos 1 X 2).	\$ 1.03	\$ 1.99

COSTO DE 1% DE HUMEDAD APROVECHABLE H_2	GRAVEDAD	BOMBEO
1. Lámina de agua correspondiente a 1% de H.A. ($0.1290 \% P_s$) para la capa de suelo 0.-30 cm.	0.06 cm	0.06 cm
2. Lámina de agua correspondiente a 1% de H.A. ($0.1412 \% P_s$) para la capa de suelo 30-60 cm.	0.09 cm	0.09 cm

3. Lámina de agua correspondiente a 1% de H.A. para humedecer el perfil de 0-60 cm (Suma de los puntos 1 y 2).	0.15 cm	0.15 cm
4. Costo de 1 cm de agua aplicado en la segunda etapa.	\$23.60	\$40.00
5. Costo de 1% de H.A. para humedecer el perfil de 0-60 cm (concepto 3 x 4).	\$ 3.54	\$ 6.00

PRODUCTIVIDAD MARGINAL PARA RIEGO POR GRAVEDAD

$$P.M.H_1 = \frac{d_y}{d_{H_1}} = \frac{P_{H_1}}{P_y} = \frac{1.03}{3200} = 0.0003208$$

$$P.M.H_2 = \frac{d_y}{d_{H_2}} = \frac{P_{H_2}}{P_y} = \frac{3.54}{3200} = 0.0011062$$

En donde: $P.M.H_1$ = Productividad Marginal de H_1

$P.M.H_2$ = Productividad Marginal de H_2

P_{H_1} = Costo de unidad de H_1

P_{H_2} = Costo de una unidad de H_2

P_y = Costo de una unidad de soya
(una tonelada de grano)

d_y = Derivada de la producción

d_{H_1} = Derivada de una unidad de H_1

d_{H_2} = Derivada de una unidad de H_2

PRODUCTIVIDAD MARGINAL PARA RIEGO DE BOMBEO

$$P.M.H_1 = \frac{1.99}{3200} = 0.0006218$$

$$P.M.H_2 = \frac{6.00}{3200} = 0.001875$$

METODOLOGIA EMPLEADA EN ESTE ESTUDIO PARA EL CALCULO DE LA ECUACION DE REGRESION MULTIPLE.

I OBTENCION DE LA ECUACION DE REGRESION

1. En base a los rendimientos parcelarios, se calcula en su primera parte como un bloques al azar (para este caso).
2. Codificación de los valores de H.A.
3. Elaboración de una tabla con los valores codificados y los rendimientos medios de soya.
4. Cálculo de los valores f_i los cuales se obtienen al multiplicar las seis primeras columnas por el rendimiento medio obtenido, sumándose algebraicamente las columnas.
5. Obtención de los estimadores de los coeficientes del modelo de regresión. Se calculan multiplicando los productos f_i por los valores inversos de la matriz para las unidades codificadas.

II DESARROLLO DE LA ECUACION DE REGRESION

1. Determinación de los valores medios de los espacios de exploración. Para antes de floración (H_1) es igual a 5% de H.A. y para después de floración (H_2) es 35% de H.A.
2. Codificación de los valores: antes de floración (H_1-5) y para después de floración (H_2-35).
3. Substitución de los valores en la ecuación obtenida para rendimiento en grano de soya: Ecuación obtenida hasta el paso 1-5: $Y=2053.323+265.0198H_1-20.4933H_2-1.0481H_1^2+0.6624H_2^2-5.5775 H_1 H_2$.
Substitución de la ecuación: $Y=2053.323+265.0198(H_1-5)-20.4933 (H_2-35)-1.0481 (H_1-5)^2+0.6624(H_2-35)^2-5.5775 (H_1-5)(H_2-35)$.
4. Desarrollando la ecuación y efectuando las sumas algebraicas se tiene la siguiente ecuación de regresión múltiple en base a unidades originales.

$$Y=-179.8665+470.7133H_1-38.9828H_2-1.0481H_1^2+0.6624H_2^2-5.5775 H_1 H_2.$$

Con esta ecuación se pueden determinar los rendimientos estimados de grano de soya al igual que los niveles óptimos fisiológicos y económicos de H.A.

III DETERMINACION DEL NIVEL OPTIMO FISIOLOGICO

1. Se Plantea si se va a resolver H_1 ó H_2 en primer instancia.
2. Si se opta por H_1 entonces se eligen de la ecuación de regresión en base a unidades originales los términos relacionados con H_1 , H_1^2 multiplicándose por dos para eliminar el término cuadrático y finalmente de la interacción se elige el término contrario o sea de $H_1 - H_2$ se elige H_2 . A la elección de estos términos se les considera como la primer derivada de la ecuación de regresión múltiple, de los rendimientos estimados de grano de soya, con respecto a los niveles de H.A., y la solución de esto se conoce como la productividad marginal debido a la humedad aprovechable, tanto en la primera etapa como en la segunda etapa.

3. Igualación de la primer derivada con PMH_1

$$PMH_1 = \frac{dy}{dH_1} = 470.7133 - 2.0962H_1 - 5.5775H_2.$$

4. Igualación de la primer derivada con PMH_2

$$PMH_2 = \frac{dy}{dH_2} = 38.9828 + 1.3248H_2 - 5.5775H_1.$$

5. Una vez encontrada la productividad marginal debido a los niveles de humedad, estas se igualan con la relación: precio de 1% de H.A. sobre precio de una tonelada de soya. Pero para este caso esta relación se interpreta como cero debido a que los niveles óptimos fisiológicos se deben expresar sin ninguna restricción.
6. Ambas ecuaciones se resuelven en forma simultánea con dos incógnitas.

$$470.7133 - 2.0962H_1 - 5.5775H_2 = 0$$

$$- 38.9828 + 1.3248H_2 - 5.5775H_1 = 0$$

$$H_1 = 11.98\% \text{ de H.A. } \text{ y } H_2 = 79.89\% \text{ de H.A.}$$

IV DETERMINACION DEL NIVEL OPTIMO ECONOMICO

Se calcula la relación precio de 1% de H.A. con el precio de una -

tonelada de soya y se iguala con las ecuaciones del punto III-3 y 4.

$$470.7133 - 2.0962H_1 - 5.5775H_2 = 0.0003208$$

$$- 38.9828 + 1.3248H_2 - 5.5775H_1 = 0.0011062$$

$$H_1 = 11.98\% \text{ de H.A. y } H_2 = 79.89\% \text{ de H. A.}$$

NOTA: Existen casos en que la productividad marginal es muy pequeña y los coeficientes de la ecuación son muy grandes por lo que ésta se desprecia y se interpreta como cero, quedando iguales los resultados numéricos del óptimo fisiológico y económico.

V DETERMINACION DEL RENDIMIENTO OPTIMO FISIOLOGICO ESTIMADO

1. De la ecuación obtenida en base a unidades codificadas (Paso I-5) se substituyen los valores de óptimos fisiológicos (Paso IV-1)

$$Y = 2053.323 + 265.0198 H_1 - 20.4933 H_2$$

$$- 1.0481 H_1^2 + 0.6624 H_2^2 - 5.5775 H_1 H_2$$

$$Y = 2053.323 + 265.0198 (11.98) - 20.4933 (79.89)$$

$$- 1.0481 (11.98)^2 + 0.6624 (79.89)^2 - 5.5775 (11.98) (79.89)$$

$$Y = 2333 \text{ kg/ha.}$$

VI DETERMINACION DEL RENDIMIENTO OPTIMO ECONOMICO ESTIMADO

1. Si resultaran igual los niveles óptimos fisiológicos y económicos debido al valor tan bajo de la productividad marginal entonces los rendimientos estimados serán iguales.

CUADRO 2. CONCENTRACION DE DATOS CLIMATOLOGICOS DE LA REGION DE CD. DELICIAS, CHIH. PROMEDIO DE 15 AÑOS. 1957-1971.

MES	LLUVIA		TEMPERATURA			VIENTO		EVAPO..	HUMEDAD RELATIVA
	MM	DIAS	MINIMA	MAXIMA	MEDIA	DIRECCION	KM/HR	MM	
ENERO	7.1	4	0.6	18.1	9.3	NE	18.53	4.35	52.8
FEBRERO	5.9	4	2.8	20.1	11.1	SE	18.53	5.15	50.7
MARZO	5.3	2	5.6	24.5	14.9	SW	22.24	7.69	46.0
ABRIL	8.8	3	11.0	28.6	20.1	SW	18.53	8.85	40.8
MAYO	11.8	5	15.1	32.6	23.8	SW	24.09	10.49	43.5
JUNIO	29.7	9	18.8	34.8	26.9	SW	22.24	7.60	40.7
JULIO	61.7	18	18.8	33.4	26.1	SE	18.53	8.37	54.5
AGOSTO	63.2	16	18.2	32.0	24.9	SW	14.83	7.12	60.3
SEPTIEMBRE	62.0	12	16.0	29.9	23.0	SW	14.83	6.02	62.4
OCTUBRE	22.3	6	10.5	26.9	18.4	SE	14.83	4.89	54.9
NOVIEMBRE	4.4	4	5.1	22.9	14.0	SE	14.83	4.05	50.5
DICIEMBRE	10.9	4	1.3	19.2	10.2	SW	18.53	3.18	51.1
TOTAL O PROMEDIO	291.8	85	10.3	26.9	18.6	SW	18.38	6.48	50.7

CUADRO 3. ANALISIS FISICO-QUIMICO DEL SITIO DONDE SE UBICABA EL EXPERIMENTO TOMANDO CUATRO PROFUNDIDADES (CM).

	0-30	30-60	60-90	90-120
C.E. mmhos/cm	0.65	0.70	0.65	0.65
pH	8.20	8.30	8.30	8.40
Ca ⁺⁺	2.42	2.42	1.62	0.61
Mg ⁺⁺	1.62	0.61	0.40	0.40
Na	2.46	3.97	4.48	5.49
Σ	6.50	7.00	6.50	6.50
CO ₃ ⁼	0.61	0.40	0.40	0.40
HC ₃ ⁼	3.06	2.86	2.65	3.06
SO ₃ ⁼	1.21	2.12	1.83	1.42
CL ⁴	1.62	1.62	1.62	1.62
Σ	6.50	7.00	6.50	6.50
RAS	1.73	3.25	4.48	7.84
PSI	1.27	3.40	5.07	9.33
Clasif.	Normal	Normal	Normal	Normal
N%	0.058			
Inter.	Pobre			
M.O.%	0.95			
Inter.	M. Mt. Pobre			
P ₂ O ₅ kg/ha	140.42			
Inter.	Ext. Mt. Rico			
Arena %	48.92	54.92	56.92	64.92
Limo	18.36	10.36	12.36	8.36
Arcilla	32.72	34.72	30.72	26.72
Clasif.	Mig. Arc.	Mig. Arc.	Mig. Arc.	Mig. Arc.
	Arenoso	Arenoso	Arenoso	Arenoso
Satura	33.58	48.18	43.50	35.01
CC%	22.19	22.93	20.44	18.19
P.M.P.	12.81	14.03	11.67	10.41
A.A.	9.38	8.90	8.77	7.78
D.A. gr/CC	1.66	2.04	1.60	1.71

CUADRO 4. PORCENTAJES DE HUMEDAD TOTAL DEL SUELO A DIFERENTES TENSIONES Y PROFUNDIDADES DEL SITIO DEL EXPERIMENTO.

APARATO USADO	TENSION ATMOSFERAS	PORCIENTO DE HUMEDAD TOTAL DEL SUELO			
		0-30	30-60	60-90	90-120
Olla de Presión	0.3	22.19	22.93	20.44	18.19
	0.5	20.76	22.86	18.48	16.55
	1.0	20.97*	21.86	16.76	15.65
	2.0	18.53	20.77	17.15*	13.64
	3.0	16.66	18.50	14.61	12.83
Membrana de Presión	5.0	16.09	17.77	13.85	12.28
	7.0	17.02*	16.73	14.48*	12.09
	10.0	14.33	15.24	14.04*	11.06
	15.0	12.81	14.03	11.67	10.41

* Valores que se disparan y no representan la tensión proporcionada.

CUADRO 5. TRATAMIENTOS DE HUMEDAD APROVECHABLE SELECCIONADOS EN BASE A PORCENTAJES DE HUMEDAD TOTAL DEL SUELO. CD. DELICIAS, - CHIH. 1975.

TRATAMIENTOS DE HUMEDAD	ETAPAS DE LA SOYA	
	SIEMBRA A FLORACION	FLORACION A COSECHA
1	0% + 5 días	30%
2	0%	20%
3	0%	30%
4	0%	40%
5	10%	30%
6	10%	40%
7	10%	50%
8	20%	40%
9 T.	40%	40%

CUADRO 6. GASTO CALIBRADO EN LITROS POR SEGUNDO DE UN SIFON DE DIA METRO 1.5 PULGADAS. FUENTE DE LA S. R. H. EN SU DEPARTAMENTO DE INGENIERIA DE RIEGO Y DRENAJE. CD. DELICIAS, CHIH.

CARGA HIDRAULICA cm	GASTO L/S	CARGA HIDRAULICA cm	GASTO L/S
1	0.190	16	1.138
2	0.350	17	1.173
3	0.470	18	1.210
4	0.565	19	1.240
5	0.640	20	1.278
6	0.705	21	1.310
7	0.760	22	1.345
8	0.815	23	1.378
9	0.865	24	1.411
10	0.950	25	1.445
11	0.950	26	1.478
12	0.990	27	1.515
13	1.028	28	1.550
14	1.065	29	1.585
15	1.100	30	1.620

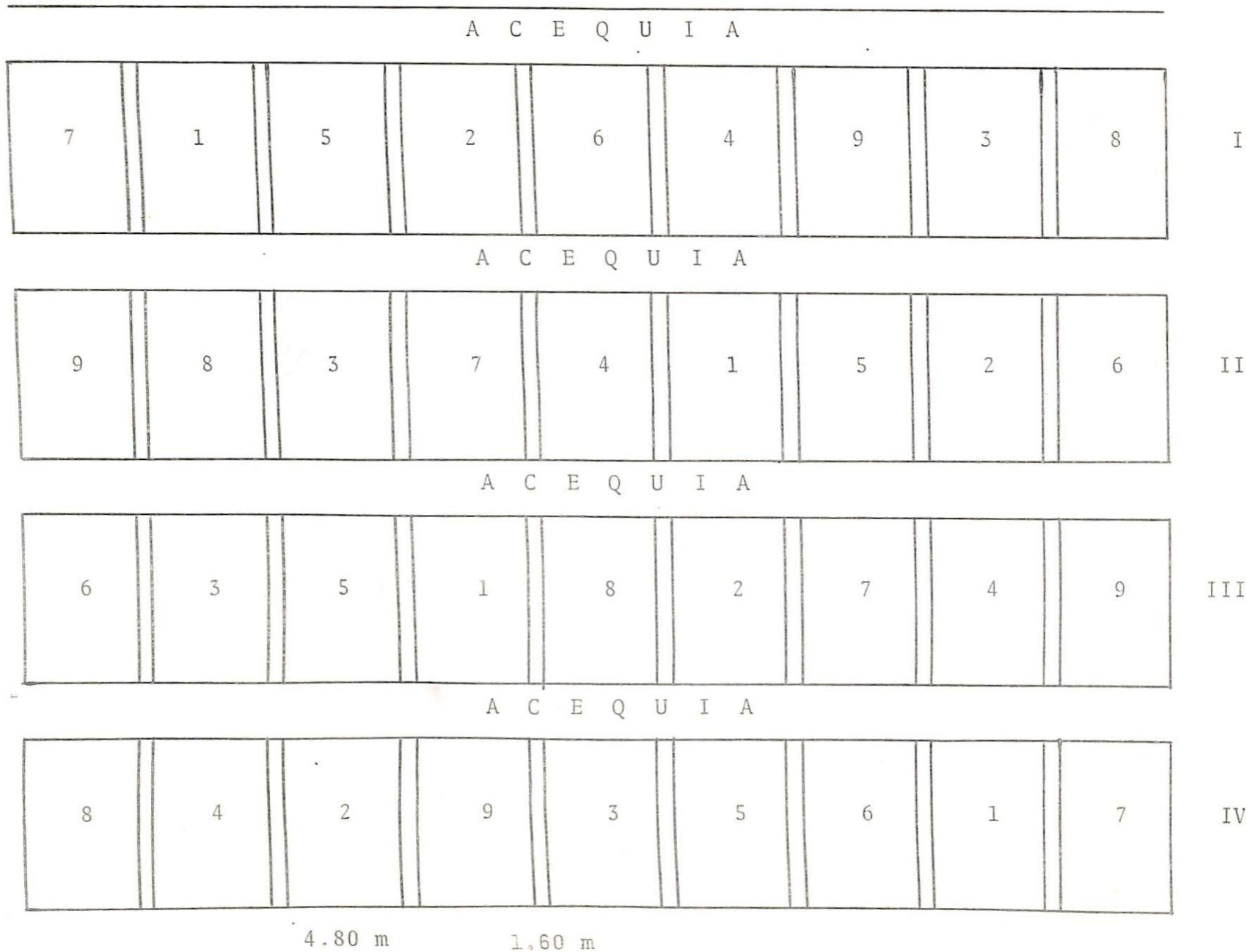
CUADRO 12. ANALISIS FISICO-QUIMICO TOMADO EN EL PERFIL DE 0-30 CM POR PARCELA AL MOMENTO DE LA COSECHA, EN EL EXPERIMENTO. EFECTO DE LA HUMEDAD DEL SUELO EN EL RENDIMIENTO DE LA-SOYA. CD. DELICIAS, CHIH. 1975.

TRAT.	HUMEDAD A.F.	APROVECHABLE D.F.	NITROGENO %	P.H.	MATERIA ORG. %	C.E. Mmhos/ cm a 25°C	FOSFORO*
1	% + 5 días	30%	0.1298	7.60	0.76	1.28	18.03
2	0%	20%	0.1264	7.73	0.83	0.93	25.38
3	0%	30%	0.2106	7.88	0.80	1.01	30.88
4	0%	40%	0.1218	7.80	0.77	0.70	34.08
5	10%	30%	0.2060	7.83	0.81	0.99	40.15
6	10%	40%	0.2129	7.78	0.75	0.58	30.65
7	10%	50%	0.2276	7.78	0.83	0.60	37.73
8	20%	40%	0.1366	7.68	0.83	0.61	28.13
9	40%	40%	0.1258	7.75	0.83	0.51	28.55
Significancia			N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	*
C.V. en %			97.42	1.42	7.50	70.57	23.82
Cantidad Inicial			0.058	8.20	0.95	0.65	140.42**

* Solución Extractora de Bicarbonato de Sodio (Olcen)

**Solución Extractora de Acido Cloridrico y Floruro de Amonio (Bray P1)

-63-



-49-

FIG. 3 CURVAS DE TENSION DE HUMEDAD DEL SUELO Y ESFUERZO DE HUMEDAD DEL SUELO A LA PROFUNDIDAD DE 0-30 CM.

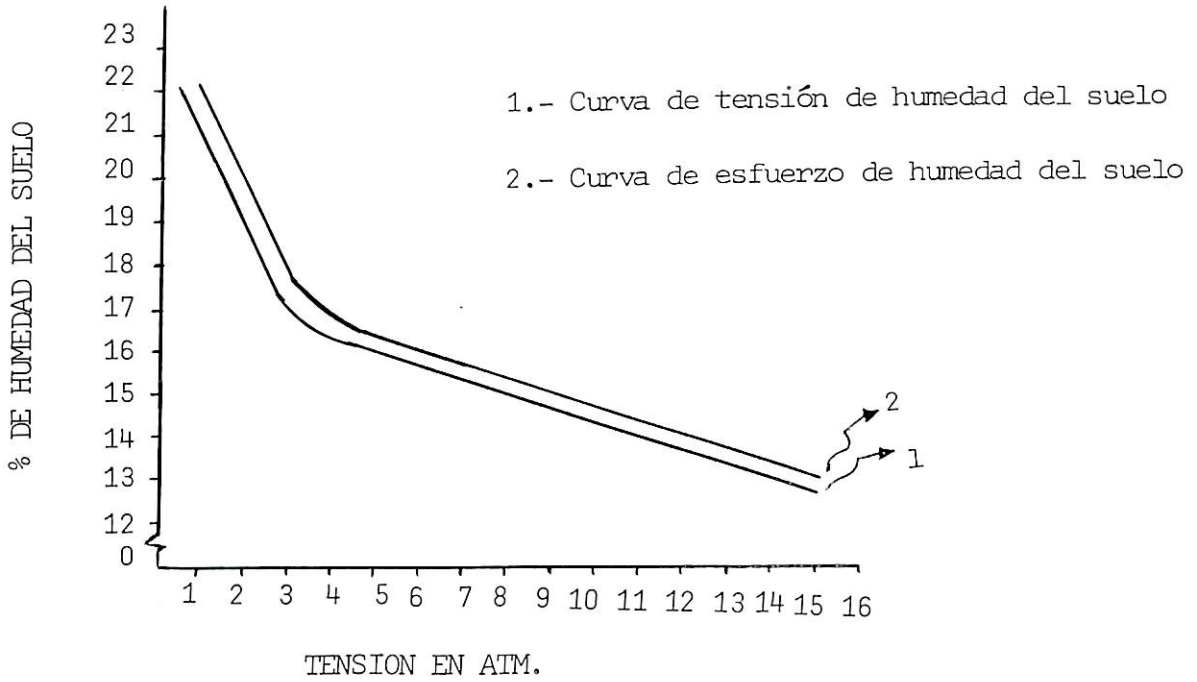


FIG. 4 CURVAS DE TENSION DE HUMEDAD DEL SUELO Y ESFUERZO DE HUMEDAD DEL SUELO A LA PROFUNDIDAD DE 30-60 CM.

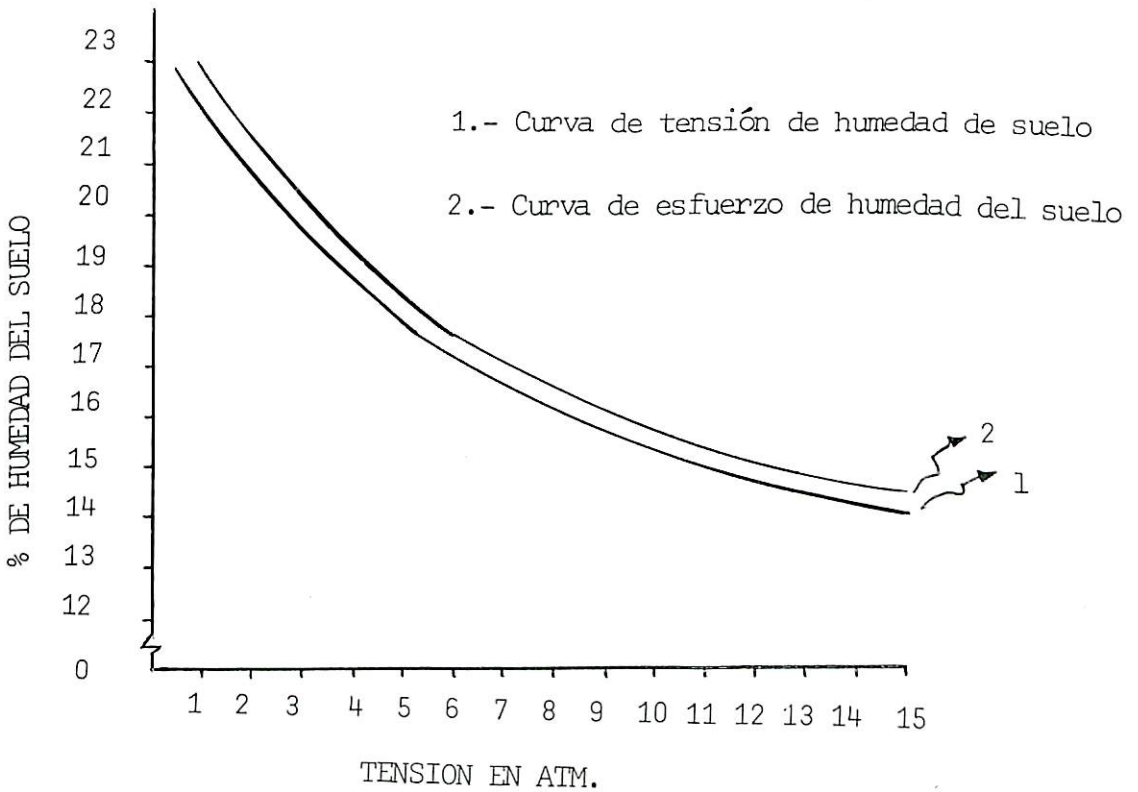


FIG. 7

TRATAMIENTO 1

0 % + 5 días - 30 %

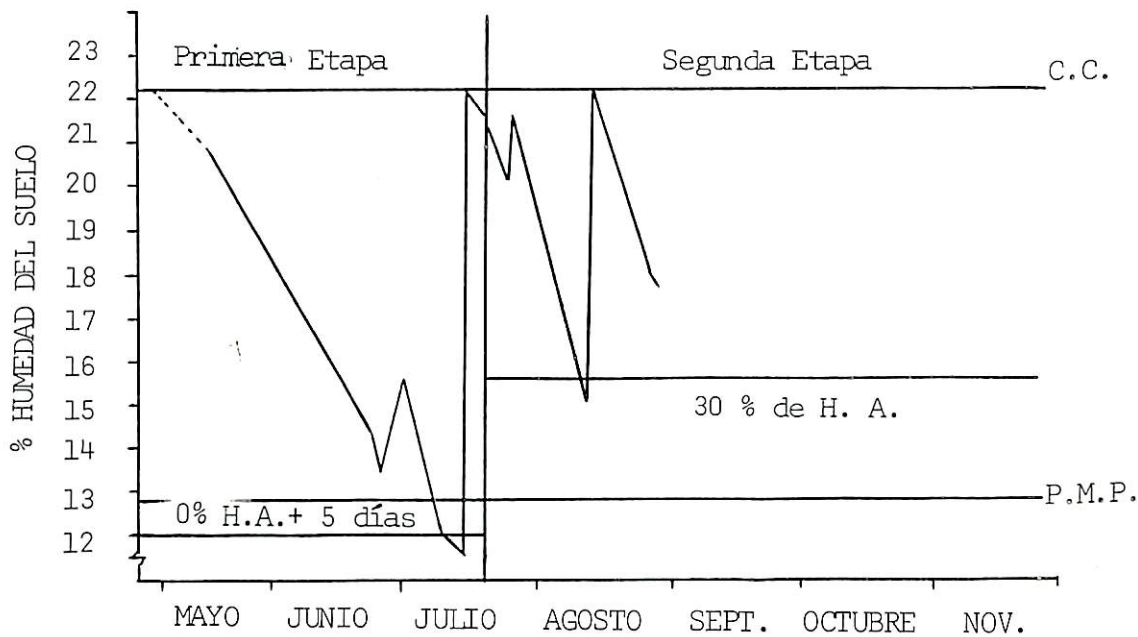


FIG. 8

TRATAMIENTO 2

0 % - 20 %

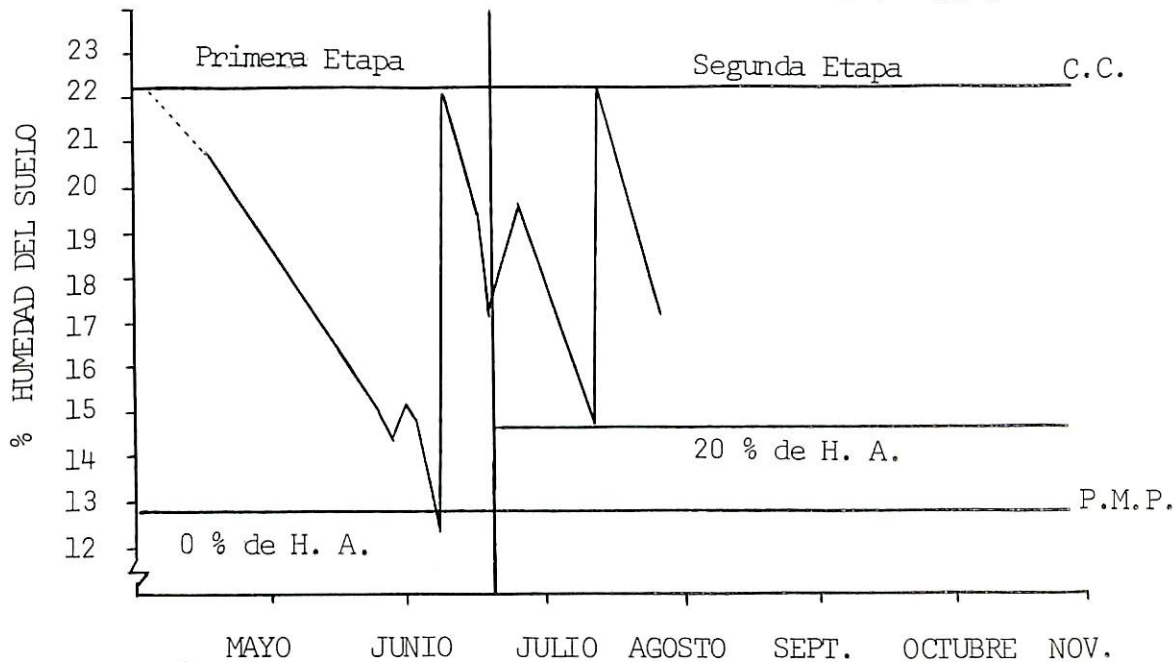


FIG. 9

TRATAMIENTO 3
0 % - 30 %

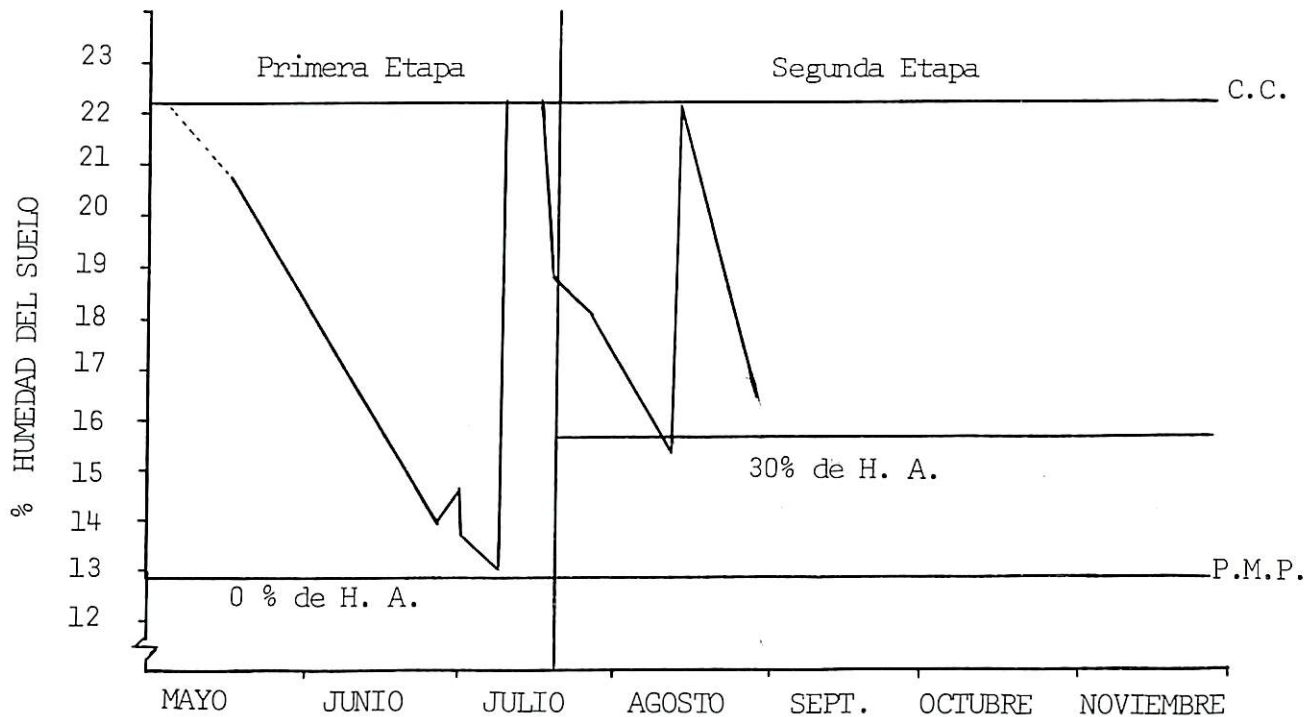


FIG. 10

TRATAMIENTO 4
0 % - 40 %

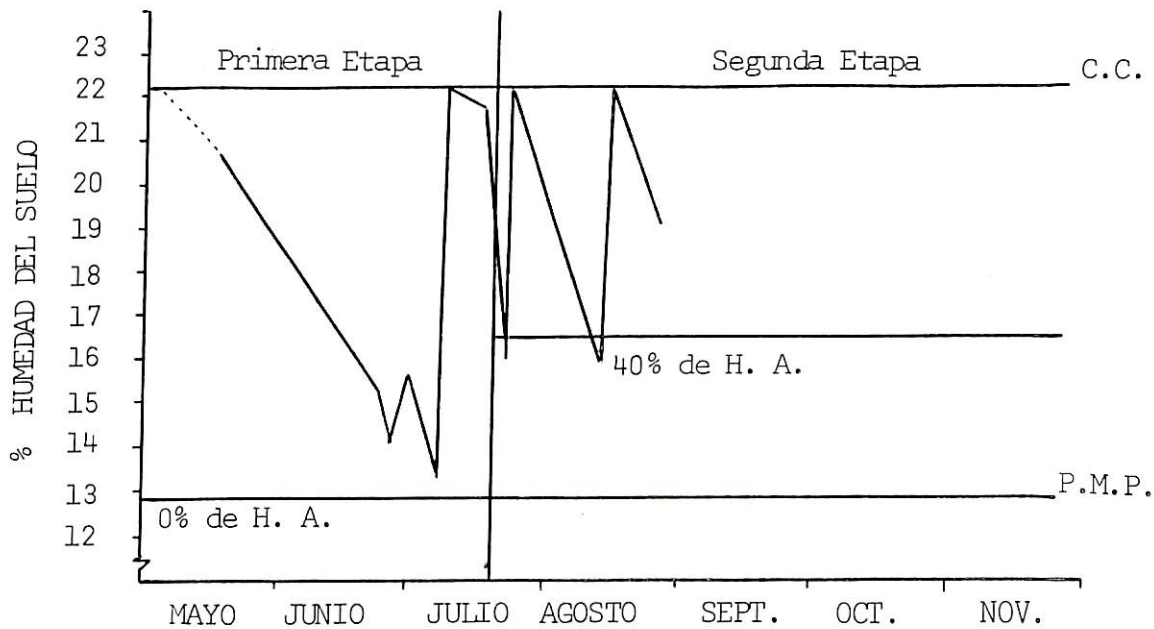


FIG. 11

TRATAMIENTO 5
10% - 30%

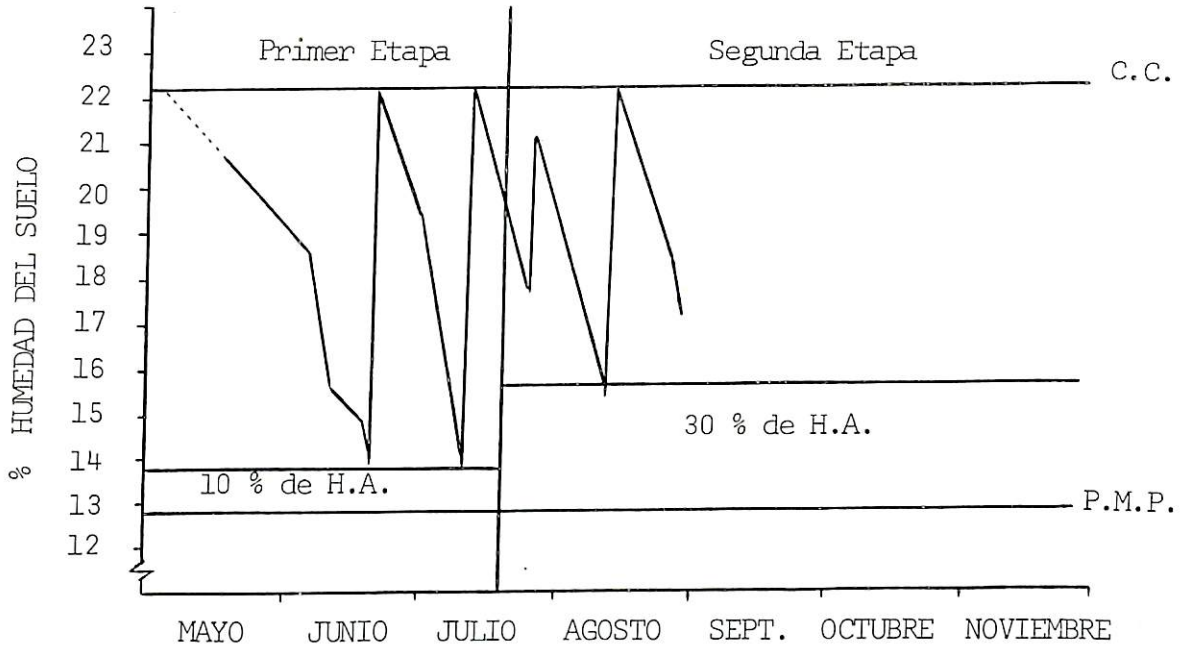


FIG. 12

TRATAMIENTO 6
10% - 40%

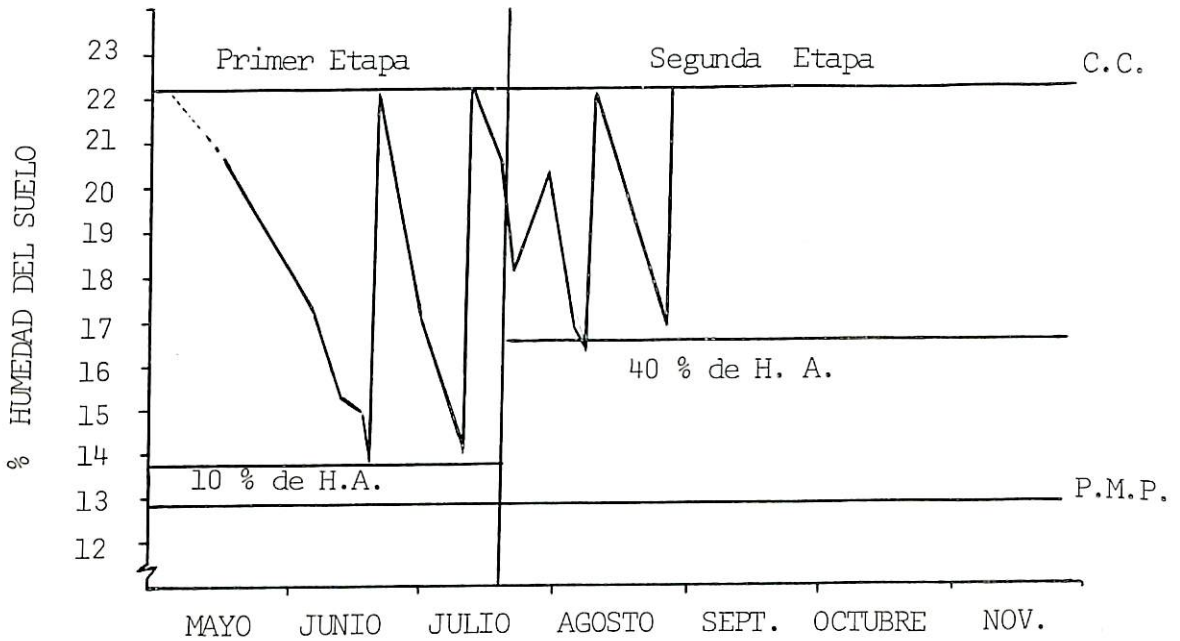


FIG. 13

TRATAMIENTO 7
10 % - 50 %

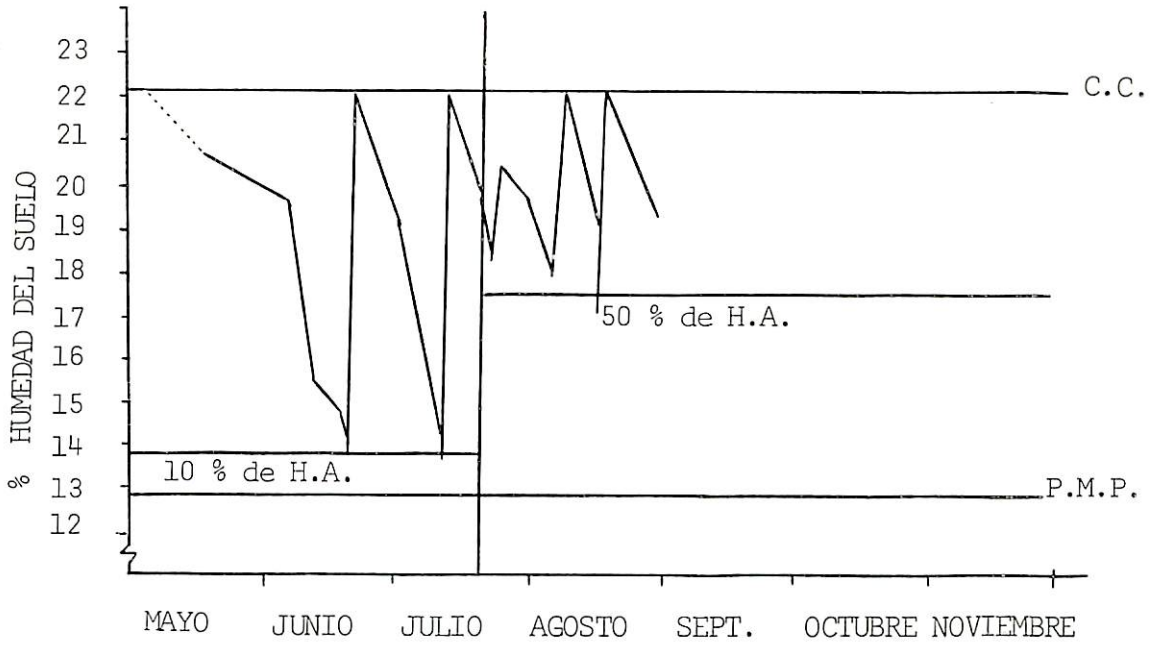


FIG. 14

TRATAMIENTO 8
20 % - 40 %

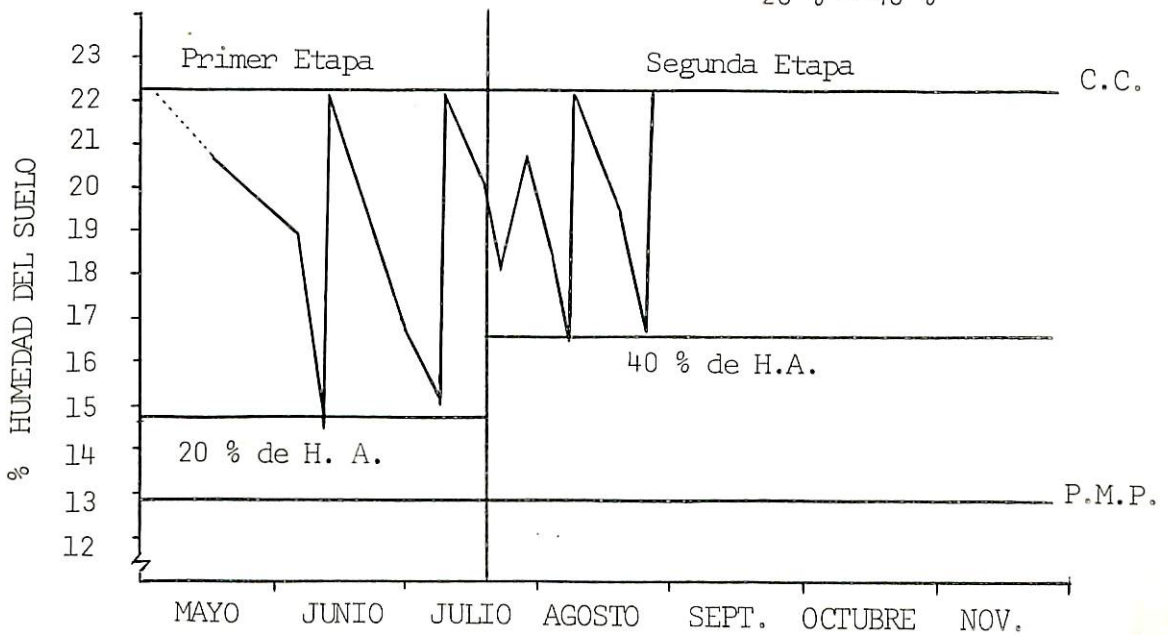
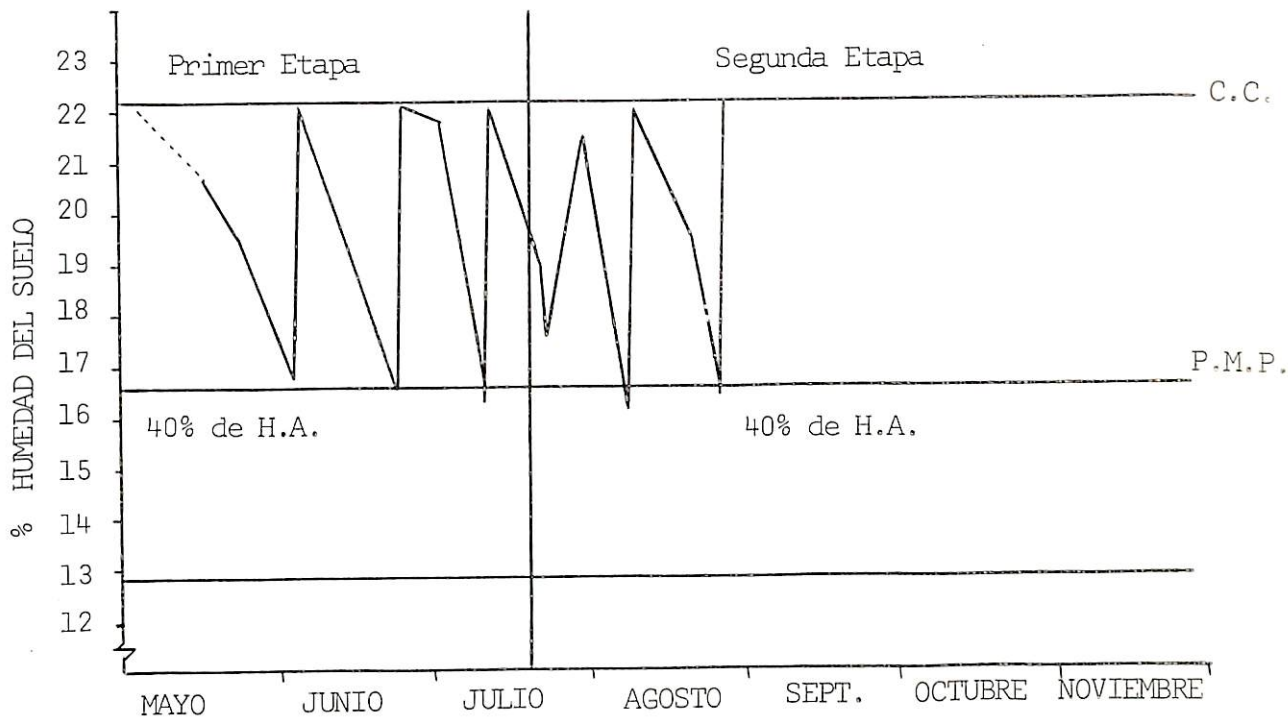


FIG. 15

TRATAMIENTO 9
40 % - 40 %



IMPRESO: Campo Agrícola Experimental
Cd. Delicias, Chih.

DACTILOGRAFIA: Martha Elida Moloy P.
Dora Alicia Ramos A.

IMPRESION Y ENCUADERNACION: Juan José Hernández R.
Enrique Ramírez Olivas

FOTOGRAFIA: Gustavo Juárez González