

DETERMINACION DE LA SUSCEPTIBILIDAD AL
DEFICIT HIDRICO DE 5 VARIEDADES DE TRIGO
(Triticum aestivum, L.) BAJO CONDICIONES
DE SEQUIA INDUCIDA

LUIS MARIO TAPIA VARGAS

T E S I S

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN CIENCIAS
EN RIEGO Y DRENAJE



Universidad Autónoma Agraria
Antonio Narro

PROGRAMA DE GRADUADOS

Buenavista, Saltillo, Coah.

FEBRERO DE 1990

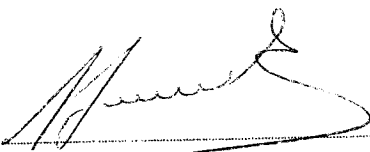
Tesis elaborada bajo la supervisión del comité particular de asesoría y aprobada como requisito parcial para optar al grado de

MAESTRO EN CIENCIAS

EN RIEGO Y DRENAJE

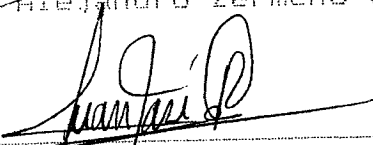
COMITE PARTICULAR

Asesor Principal:



M.C. Alejandro Zermeño González

Asesor:



M.C. Juan José Rojas Rangel

Asesor:



M.C. Gaspar Martínez Zambrano

Universidad Autónoma
"ANTONIO NAJERA"



BIBLIOTECA



Dr. Eleuterio López Pérez

Subdirector de Asuntos de Postgrado

Buenavista, Saltillo, Coahuila. Febrero de 1989

COMPENDIO.

DETERMINACION DE LA SUSCEPTIBILIDAD AL DEFICIT HIDRICO DE 5
VARIEDADES DE TRIGO (Triticum aestivum, L) BAJO CONDICIONES
DE SEQUIA INDUCIDA

POR

LUIS MARIO TAPIA VARGAS

MAESTRIA EN CIENCIAS

EN RIEGO Y DRENAJE

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

Buenavista, Saltillo, Coahuila, Febrero de 1989

M.C. Alejandro Zermeño González. Asesor

Palabras Clave: Déficit hídrico, variedades de trigo,
susceptibilidad a estrés, sequía

El propósito de este trabajo de investigación fue estudiar la susceptibilidad a sequía de 5 variedades de trigo, bajo sequía inducida en tres etapas de desarrollo, comparadas con un tratamiento sin déficit y otro con déficit en las tres etapas de desarrollo. Los tratamientos de déficit se lograron suspendiendo el riego en la etapa de desarrollo considerada.

El diseño estadístico empleado fue parcelas divididas, y los modelos que relacionaron la humedad del suelo, la evapotranspiración y el rendimiento de grano, fueron los propuestos por Hiler y Clark (1971), y Yaron et al (1987), que son de tipo aditivo y multiplicativo respectivamente.

Los resultados obtenidos indicaron que en la variedad Gálvez, el modelo aditivo presenta mejor ajuste, mientras que en el resto de los materiales el modelo multiplicativo tiene mayor explicación del rendimiento. Ambos modelos definen como variedades más susceptibles a México y Pavón y de menor susceptibilidad a Temporalera, Salamanca y Gálvez.

ABSTRACT

DETERMINATION OF WATER STRESS SUSCEPTIBILITY OF 5 VARIETIES
OF WHEAT (Triticum aestivum, L.) UNDER INDUCED DROUGHT.

By

LUIS MARIO TAPIA VARGAS

MASTER OF SCIENCE

IRRIGATION AND DRAINAGE

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

Buenavista, Saltillo, Coah., December of 1988

M.C. Alejandro Zermeño González. Adviser.

Key words: water stress, wheat varieties, stress susceptibility, drought

The purpose of this paper research was to study the drought susceptibility in 5 wheat varieties under water stress at three development stages, and two more treatments: one without water deficit and another one with deficit at three stages. Deficit treatments were achieved through no irrigation at pre-setting growth stage.

The variables used for modeling soil moisture, evapotranspiration and yield, were those proposed by Hiler

and Clark (1971), and Yaron et al (1987), which are additive the first one and multiplicative the second one.

Results gotten indicated that the additive model has better adjustment for Gálvez variety but for the remaining varieties, the multiplicative model gives a better explanation. Both models prove that varieties México, and Pavón are more susceptibles, than Temporalera, Gálvez y Salamanca varieties.

DEDICATORIA

PORQUE NADA SE HACE SIN LA VOLUNTAD DE DIOS, Y SOLO EL NOS PERMITE LOGRAR NUESTRAS MAS ALTAS METAS.

A MIS PADRES, LUIS Y SIRA, DE QUIEN TENGO EL ORGULLO DE CONTARME ENTRE SUS HIJOS, POR TODO EJEMPLO DE CONDUCTA QUE ME HAN PROPORCIONADO

A MIS HERMANOS, LUPITA, LUIS, MARTHA, CRUCY, GINA, MONICA, SERGIO, SUSY Y KARY, A QUIENES AMO ESPECIALMENTE

A MIS MAESTROS DE LA ESPECIALIDAD DE RIEGO, A QUIENES DEBO LOS CONOCIMIENTOS ADQUIRIDOS

A MIS AMIGOS, POR SU APOYO Y COMPRENSION EN LOS MOMENTOS DIFICILES

AGRADECIMIENTOS

AL INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES FORESTALES Y AGROPECUARIAS, POR SU APOYO EN MI FORMACION PROFESIONAL

AL CONSEJO NACIONAL DE CIENCIA Y TECNOLOGIA, POR LA AYUDA ECONOMICA PRESTADA EN EL PERIODO DE ESTUDIO

AL ALMA TERRA MATER POR HABERME PERMITIDO SER UNO DE SUS ALUMNOS, A TRAVES DEL PROGRAMA DE GRADUADOS

AL M.C. ALEJANDRO ZERMENO GONZALEZ, POR SU ASESORIA EN LA PLANEACION, CONDUCCION Y ELABORACION, TANTO DEL TRABAJO EXPERIMENTAL, COMO DE LA PRESENTE TESIS

A LOS MAESTROS EN CIENCIAS GASPAR MARTINEZ ZAMBRANO Y JUAN J. ROJAS RANGEL POR LA REVISION Y SUGERENCIAS, A ESTE TRABAJO DE TESIS

AL DR. ESTEBAN BETANZOS MENDOZA, E INGS. MARIANO MORA VARGAS Y HUGO X. BALANDRA POR SU APOYO EN HABER CRISTALIZADO EL DESEO DE REALIZAR LOS ESTUDIOS DE MAESTRIA

AL CENTRO DE COMPUTO DE LA ESPECIALIDAD DE RIEGO Y DRENAJE, POR SU AYUDA INVALUABLE EN EL USO DE EQUIPO Y PAQUETES DE COMPUTO

INDICE DE CONTENIDO.

	Página
INDICE DE CUADROS	xi
INDICE DE FIGURAS	xiii
INTRODUCCION	1
Objetivos e hipótesis.	2
REVISION DE LITERATURA	4
Origen del déficit hídrico en los cultivos	4
Efecto del déficit hídrico	5
Susceptibilidad al déficit hídrico	8
Mejoramiento genético de trigo bajo condiciones de estrés de agua	12
Respuesta al déficit hídrico en trigo	14
MATERIALES Y METODOS	21
Características generales del área de estudio	21
Localización	21
Clima	21
Características del suelo del sitio experimental	22
Agua de riego	22
Constantes de humedad	24

Factores y niveles de estudio	25
Diseño experimental	25
Manejo del experimento	28
VARIABLES DE RESPUESTA	31
Respuesta varietal al déficit hídrico	31
Factor de susceptibilidad al déficit hídrico	32
Factor de deficiencia hídrica	33
Análisis estadístico	34
RESULTADOS Y DISCUSION	37
VARIABLES DE RESPUESTA	37
Déficit hídrico y componentes del rendimiento	41
Déficit hídrico y respuesta varietal	44
Relación déficit hídrico y rendimiento	47
CONCLUSIONES	59
RESUMEN	61
LITERATURA REVISADA	63
APENDICE	69

INDICE DE CUADROS.

CUADRO		Págin
1	Coeficientes de susceptibilidad del trigo determinados en tres fases de crecimiento.	10
2	Propiedades físicas del suelo del sitio experimental.	23
3	Propiedades químicas del suelo del sitio experimental.	23
4	Propiedades químicas del agua de riego empleada en el experimento.	23
5	Niveles de estudio por factor, evaluados en el experimento.	26
6	Parámetros estadísticos de las variables experimentales estudiadas.	37
7	Comparación de medias de rendimiento de grano de variedades en un mismo tratamiento de déficit.	38
8	Comparación de medias de rendimiento de grano para tratamientos de déficit en una misma variedad.	40
9	Comparación de medias de rendimiento de grano de las variedades en todos los niveles de déficit.	41
10	Comparación de medias de las variables componentes del rendimiento, para variedades en un mismo tratamiento de déficit.	42
11	Comparación de medias de las variables componentes del rendimiento, para variedades en diferentes tratamientos de déficit.	43
12	Duración de etapa en días y lámina evapotranspirada por tratamiento de estudio (cm).	46
13	Coeficientes del factor de susceptibilidad (FS), por tratamiento de estudio.	49

15	Rendimiento de grano en función del índice día de déficit.	50
16	Rendimiento de grano en función del tiempo de déficit hídrico en tres etapas de desarrollo.	54
17	Porcentajes de reducción del rendimiento de grano por día de sequía en cada fase de desarrollo del cultivo.	57
1A	Datos climatológicos tomados en forma decenal durante el ciclo vegetativo del trigo.	69
2A	Error estándar de la diferencia de medias para cada una de los 4 tipos de comparación del diseño parcelas divididas.	69
3A	Análisis de varianza de rendimiento de grano (kg/ha).	70
4A	Análisis de varianza de producción de materia seca (ton/ha).	70
5A	Análisis de varianza del número final de tallos cosechados por metro cuadrado.	70
6A	Análisis de varianza de longitud de espigas (cm).	71
7A	Análisis de varianza del número de granos por espiga.	71
8A	Análisis de varianza del peso de 1000 granos (gr).	71
9A	Análisis de varianza del índice de susceptibilidad a sequía de rendimiento de grano.	72
10A	Análisis de varianza del índice de susceptibilidad a sequía de producción de materia seca.	72
11A	Análisis de varianza del factor de susceptibilidad a sequía en rendimiento de grano.	72
12A	Análisis de varianza del factor susceptibilidad a sequía en producción de materia seca.	72
13A	Número de días con déficit en cada etapa de	73

INDICE DE FIGURAS

FIGURA		PAGINA
1	Curvas características de retención de humedad del sitio experimental.	24
2	Distribución de tratamientos experimentales en el campo.	27
3	Correlación del rendimiento observado y estimado del modelo aditivo, variedad Temporalera.	52
4	Correlación del rendimiento observado y estimado del modelo aditivo, variedad Gálvez.	52
5	Correlación del rendimiento observado y estimado del modelo aditivo, variedad Salamanca.	53
6	Correlación del rendimiento observado y estimado del modelo aditivo, variedad Pavón.	53
7	Correlación del rendimiento observado y estimado del modelo multiplicativo, variedad Temporalera.	55
8	Correlación del rendimiento observado y estimado del modelo multiplicativo, variedad Gálvez.	55
9	Correlación del rendimiento observado y estimado del modelo multiplicativo, variedad Salamanca.	56
10	Correlación del rendimiento observado y estimado del modelo multiplicativo, variedad Pavón.	56
1A	Humedad del suelo durante el ciclo vegetativo, en el tratamiento déficit en la etapa vegetativa, variedad Temporalera.	75
2A	Humedad del suelo durante el ciclo vegetativo, en el tratamiento déficit en la etapa vegetativa, variedad Gálvez.	75

3A	Humedad del suelo durante el ciclo vegetativo, en el tratamiento déficit en la etapa vegetativa, variedad México.	76
4A	Humedad del suelo durante el ciclo vegetativo, en el tratamiento déficit en la etapa vegetativa, variedad Salamanca.	76
5A	Humedad del suelo durante el ciclo vegetativo, en el tratamiento déficit en la etapa vegetativa, variedad Pavón.	77
6A	Humedad del suelo durante el ciclo vegetativo, en el tratamiento déficit en la etapa floración, variedad Temporalera.	77
7A	Humedad del suelo durante el ciclo vegetativo, en el tratamiento déficit en la etapa floración, variedad Gálvez.	78
8A	Humedad del suelo durante el ciclo vegetativo, en el tratamiento déficit en la etapa floración, variedad México.	78
9A	Humedad del suelo durante el ciclo vegetativo, en el tratamiento déficit en la etapa floración, variedad Salamanca.	79
0A	Humedad del suelo durante el ciclo vegetativo, en el tratamiento déficit en la etapa floración, variedad Pavón.	79
1A	Humedad del suelo durante el ciclo vegetativo, en el tratamiento déficit en la etapa de madurez, variedad Temporalera.	80
2A	Humedad del suelo durante el ciclo vegetativo, en el tratamiento déficit en la etapa de madurez, variedad Gálvez.	80
3A	Humedad del suelo durante el ciclo vegetativo, en el tratamiento déficit en la etapa de madurez, variedad México.	81
4A	Humedad del suelo durante el ciclo vegetativo, en el tratamiento déficit en la etapa de madurez, variedad Salamanca.	81
5A	Humedad del suelo durante el ciclo vegetativo, en el tratamiento déficit en la etapa de madurez, variedad Pavón.	82

16A	Humedad del suelo durante el ciclo vegetativo en el tratamiento déficit todo el ciclo var. Temporalera.	82
17A	Humedad del suelo durante el ciclo vegetativo en el tratamiento déficit todo el ciclo var. Gálvez.	83
18A	Humedad del suelo durante el ciclo vegetativo en el tratamiento déficit todo el ciclo var. México.	83
19A	Humedad del suelo durante el ciclo vegetativo en el tratamiento déficit todo el ciclo var. Salamanca.	84
20A	Humedad del suelo durante el ciclo vegetativo en el tratamiento déficit todo el ciclo var. Pavón.	84

INTRODUCCION.

El cultivo de trigo (Triticum aestivum, L.), es sin lugar a dudas desde el punto de vista alimenticio, la especie más importante para el hombre, ya que ocupa el primer lugar en cuanto a producción, superficie de siembra y consumo humano, su cosecha anual determina en gran medida, la satisfacción alimenticia mundial.

En México su importancia como cultivo anual, solo es superada por el maíz y frijol, para su cultivo se destinan casi un millón de hectáreas anuales, de las cuales alrededor del 80 por ciento, son de regadío. Como entidades productoras destacan Sonora, Baja California, Sinaloa, Chihuahua y la región del Bajío, bajo condiciones de riego, y México, Michoacán, Guanajuato y Oaxaca bajo agricultura de temporal.

El trigo bajo condiciones de estrés de agua, es considerado como de cierta tolerancia a sequía en un grado intermedio entre el maíz y el sorgo, en relación a cultivos comerciales susceptibles y resistentes a deficiencia de agua respectivamente, (Doorenbos y Kassam 1979).

La competencia por el recurso agua, entre los núcleos poblacionales, la industria y la agricultura, ha

obligado a la obtención de materiales de cultivo con menor grado de susceptibilidad al déficit hídrico y de alta capacidad de producción en condiciones de riego limitado o a veces nulo.

La deficiencia hídrica afecta el crecimiento y el rendimiento de grano en trigo, en mayor grado de acuerdo a la susceptibilidad de cada planta al déficit de agua, la cuantificación de esta característica, puede permitir clasificar variedades de acuerdo al recurso hídrico disponible.

Con estas consideraciones, este trabajo evalúa la respuesta agronómica de cinco materiales de trigo, sometidos a déficit hídrico en tres etapas de crecimiento, y tiene por objetivos los siguientes:

1. Determinar la susceptibilidad al estrés de agua de diferentes materiales de trigo y analizar las diferencias encontradas entre los mismos.
2. Determinar el efecto del déficit de agua sobre los componentes del rendimiento y el rendimiento de grano y materia seca.
3. Analizar la relación existente entre la evapotranspiración de los diferentes materiales y el rendimiento de grano y materia seca.

Las hipótesis que se plantean son:

1. Existe diferencia en la susceptibilidad a sequía de cada material y en la etapa de crecimiento en que el déficit ocurre.
2. Existe una relación entre el nivel de evapotranspiración y el rendimiento de grano y materia seca.

REVISION DE LITERATURA

Origen del déficit de agua en los cultivos.

Diversos autores consideran el origen del estrés de agua, como una reducción de la disponibilidad de agua para el crecimiento de los cultivos (World Meteorological Organization 1975, Griffiths 1985). Jones (1983), expone que variables como la demanda evapotranspirativa de la atmósfera y la capacidad de almacenamiento de humedad del suelo, pueden explicar deficiencia hídrica estacional, además de aspectos funcionales de las plantas.

Sin embargo, Thorne y Peterson (1963) y Milthorpe y Moorby (1979), indican que aún bajo condiciones de alta humedad aprovechable en el suelo, algunos cultivos suelen presentar síntomas de deficiencia, ello puede ser debido a exceso de solutos en la solución del suelo.

Esta situación refleja que, más que el aprovisionamiento continuo de agua, la respuesta de la planta a la humedad parece estar relacionada más estrechamente con su nivel energético, que con cualquier otro factor simple como la cantidad (Gavande 1982). De acuerdo a Salisbury y Ross (1978), la pérdida de agua por evapotranspiración contribuye a reducir el estado

energético del agua del suelo, lo cual puede causar estrés al cultivo si más agua no es agregada al suelo; bajo un déficit prolongado de agua Kramer (1969), reporta reducción de la absorción de agua, que puede eventualmente inhibir el crecimiento vegetal.

Un índice usado para conocer el nivel energético del agua en las plantas es obtenido a partir del contenido relativo de agua (CRA), y valores promedios de la presión de turgencia de las células de las hojas, así, valores de potencial entre -600 y -1800 J/kg, equivalen a presencia de estrés hídrico, aún cuando depende de la especie y la condición de crecimiento (Milthorpe y Moorby 1979).

Efecto del déficit hídrico.

La habilidad de las plantas para desarrollarse bajo condiciones críticas de agua, de acuerdo a Levitt (1972) se debe a tres mecanismos de adaptación: evitación, tolerancia y escape; los dos primeros se relacionan con cambios anatómicos y fisiológicos y el tercero con precocidad; no obstante, Turner (1979), califica estos términos como imprecisos y vagos.

Jones (1983), identifica tres niveles de adaptación para clasificar plantas con tolerancia a sequía: a) evitación, a través de escape, conservación y alta absorción de agua; b) tolerancia, mediante mantenimiento de turgencia por adaptación osmótica y bajos módulos de

elasticidad; y, c) mecanismos de eficiencia, se relaciona con el uso de agua y máximo índice de cosecha.

Begg y Turner (1976), consideran que la respuesta de los cultivos al ajuste osmótico, debería ser considerado como el mas importante mecanismo de tolerancia. Raddin (1983), reporta diferencias en el ajuste osmótico de cultivos y su tolerancia a sequia, encontrando alta correlación entre el mantenimiento de turgencia por ajuste osmótico, incremento en la elasticidad y la tolerancia a sequía.

Sin embargo, López (1985) y Faz (1986), encontraron que la correlación del ajuste osmótico y el rendimiento no es positiva, en pruebas realizadas en chile y triticale respectivamente. Esto coincide con lo asentado por Fischer y Sánchez (1979) y Rodríguez (1988), quienes manifiestan que cultivos de cierta tolerancia a la deficiencia de agua, pueden no tener altos rendimientos, en condiciones no deficitarias.

Barr (1968), señala que el déficit de agua ocurrente en el tejido vegetal, es un término indicativo de que el contenido de agua en la planta ha caído abajo de un valor óptimo y causa un grado de disturbancia metabólica; Hsiao (1973), cuantifica rangos de deficiencia hídrica en los tejidos vegetales: a) déficit medio: potencial en solo unos cuantos bars ; b) déficit moderado:

hasta 12 a 15 bars; y, c) déficit severo: potencial mayor de -15 bars.

La reducción en la tasa de asimilación neta de bióxido de carbono en condiciones de deficiencia de agua, causa reducción del crecimiento a -0.2 MPa en el potencial de la planta, y se inhibe completamente de -0.4 a -1.2 MPa, sin embargo, la división celular puede continuar bajo estas condiciones (Hsiao 1973).

Debido a su naturaleza dinámica, Hsiao (1988), indica que el efecto de estrés de agua en los cultivos es de alta dependencia con el tiempo, la duración y la intensidad del déficit. Un efecto inmediato descrito por Hanks y Rasmussen (1982), Pearcy (1983), y Hsiao (1988), es la reducción de la tasa de absorción de bióxido de carbono por unidad efectiva de superficie foliar, así, el déficit reduce el rendimiento por reducción de la asimilación por unidad de área y, por el patrón de partición de asimilatos. A este respecto Fischer y Turner (1978), indican que traslocación de carbohidratos a los sitios de reserva se incrementa bajo sequía.

Jones (1983), establece que el déficit de agua puede modificar en alta magnitud el desarrollo y morfología vegetal, un incremento del sistema radicular es inmediato acompañado de otros efectos secundarios como reducción del amacollamiento, abscisión de hojas y frutos, reducción de la

proporción de células estomáticas e incremento de tricomas epidérmicos.

Devlin (1970) y Fitter y Hay (1981), observaron reducción de la tasa fotosintética bajo deficiencia de agua, simultáneamente con bloqueo en la biosíntesis de proteínas y clorofila, si el estrés llega a ser severo, hay alteración del metabolismo celular por incremento de la respiración y acumulación de azúcares.

Diferencias en el comportamiento de la floración bajo sequía son reportadas por distintos autores: Morgan (1980), refiere que sequía en fases tempranas, adelanta el período de floración en trigo, Jones (1983), indica que algunas especies requieren períodos de déficit previos a la floración (Litchi sp.), Ruiz (1985), reporta retraso de la floración en soya sometida a deficiencia hídrica.

Susceptibilidad a déficit hídrico.

Todos los cultivos comerciales a través de su ciclo vegetativo se enfrentan a diferentes tipos de estrés, causado por circunstancias adversas del medio, el stress de agua según Bidwell (1979), es el más importante y el que con más frecuencia deben afrontar. Aún bajo un suministro adecuado de agua, en ciertas horas del día no se alcanza a cubrir la demanda evapotranspirativa del medio, causando un estrés temporal de efectos reducidos en el rendimiento (Kozlowsky 1968).

Cuando el déficit hídrico ocurre por periodos mas largos de tiempo, Denmead y Shaw (1960), Salter y Goode (1967) y Slatyer (1969), manifiestan que el efecto en el rendimiento, estará relacionado en la etapa en que ello ocurra así como en la duración del período de déficit. Entre especies y variedades, de acuerdo con Muñoz (1980), existen diferencias en la reacción a la deficiencia de agua, en las condiciones anteriores.

Deficiencia de agua en el período de floración, causa las mas altas reducciones del rendimiento (Salter y Goode 1967, Slatyer 1969); Doorenbos y Kassam (1979), señalan que maíz, frijol, soya, tomate girasol y chicharo, presentan mayor reducción del rendimiento, en comparación al algodón, cacahuete, cártamo y sandía, los cuales son menos susceptibles.

✓ El efecto de sequía en trigo en floración, reduce los rendimientos en un 46 porciento de acuerdo a Volke y Turrent (1973), y en un 40 porciento según datos de Fischer y Maurer (1978). Morgan (1980), menciona que el proceso de polinización es afectado por deficiencia de agua, lo cual reduce los rendimientos, sin embargo, Hsiao (1988), indica que mas que fallas en la polinización, lo que reduce el rendimiento son los granos abortados, ya que aún bajo estrés hídrico la polinización es efectuada.

Cisneros (1979), Marinato (1979), Sandoval (1983),

y Escobosa (1983), estudiaron el efecto de la tensión de agua del suelo en trigo en tres etapas de desarrollo, determinaron que la etapa comprendida entre gametogénesis y formación de grano lechoso, es la fase más susceptible al déficit hídrico, seguida de la etapa de madurez y la etapa vegetativa es la de menor susceptibilidad.

Sin embargo, la fase que cubre de gametogénesis a formación de grano lechoso, abarca parte del período vegetativo de acuerdo a Salter y Goode (1967), Slatyer (1969), y Doorenbos y Kassam (1979). De acuerdo a estos autores, en esta fase se pueden apreciar las siguientes subetapas de desarrollo del trigo: encañe, embuche y antesis. Coinciden estos mismos autores, que la fase más crítica de requerimiento de agua es la subetapa que comprende del final del encañe a embuche ya que en esta parte es fijado el número potencial de granos por espiga.

A este respecto, en el Cuadro 1 se presentan los valores de susceptibilidad a deficiencia hídrica reportados por Hiler y Clark (1971), donde se demuestran las anteriores aseveraciones.

CUADRO 1. Coeficientes de susceptibilidad del trigo determinados en tres fases de crecimiento.

Fase de crecimiento	Coef. de susceptibilidad
Encañe	0.48
Floración	0.43
Madurez	0.37

Fischer y Wood (1979), evaluaron genocultivares de trigo bajo esquemas de riego y sequía, encontraron que los trigos suaves tienen menores coeficientes de susceptibilidad a sequía que los trigos duros y el triticale; las características agronómicas más afectadas por deficiencia hídrica fueron: rendimiento de grano, número de granos por unidad de área, granos por espiga y peso seco de grano por unidad de tiempo a madurez.

Las características menos afectadas fueron: peso seco total a madurez, duración de cobertura en verde a madurez y la permeabilidad de la hoja, algunos caracteres se correlacionaron negativamente como: peso de grano y número de espigas por unidad de área.

Fischer y Sánchez (1979), compararon diferentes cultivares de trigo bajo riego y sequía, indican que selección directa bajo no sequía para incrementar el rendimiento, hace más susceptibles a estas variedades cuando se producen condiciones deficitarias de humedad, pero algunas como Ciano, de acuerdo a Sojka et al (1985), pueden escapar a sequía en algunas etapas de desarrollo, por maduración precoz antes que el estrés sea severo.

Shimshi et al (1983), evaluaron susceptibilidad a sequía entre diferentes especies de trigo, T. longissimum, T. kotschy y T. aestivum, detectaron menores coeficientes de susceptibilidad en las especies silvestres, gracias a la

habilidad de mantener un más alto potencial bajo sequía y apertura estomática, sugieren que estas características pueden ser fijadas en genotipos comerciales a través de mejoramiento.

Mejoramiento genético de trigo bajo condiciones estrés.

Es indudable que el mejoramiento genético de cultivos para obtener genotipos con respuesta en condiciones estrés es, de acuerdo a Fitter y Hay (1981), mas difícil que el mejoramiento en condiciones no estrés, sin embargo, diversos autores intentaron mejorar diferentes expresiones agronómicas para condiciones deficitarias de agua, a través de acondicionamiento a sequía como Vazquez (1971), Henckel (1964), y Williams *et al* (1967). En trabajos publicados por Muñoz (1980), se aplican esquemas de fitomejoramiento para condiciones estrés.

Blum (1979), menciona dos posibles formas de mejoramiento genético para la obtención de cultivares tolerantes a deficiencia hídrica, en la primera, selección bajo no estrés asume que las líneas tendrán buen funcionamiento bajo estrés, en la segunda, selección bajo estrés asegurará alta respuesta en condiciones adversas.

Respecto a la primera forma Fischer y Wood (1979), demostraron la alta susceptibilidad de las variedades rendidoras bajo no déficit, sometidas a déficit hídrico; en relación al segundo método Rodriguez (1988), indica que

puede haber nula respuesta al agua de estas variedades.

El cultivo de trigo practicado en condiciones de semiaridez, de hecho esta sujeto a un lento decremento en el potencial de agua, por tanto tiene tiempo de acuerdo a Townley y Hurd (1979), de adaptarse y endurecerse por lo cual, es raro aún bajo estrés severo, observarlo en marchitez, ello es debido a una capacidad de acumulación de solutos en hojas y tallos que se incrementa en la misma magnitud que el déficit aumenta.

Estos mismos autores señalan las formas de utilizar más eficientemente los recursos para mejoramiento en estrés de agua, las cuales son coincidentes con la metodología llevada por el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT), y el Instituto Nacional de investigaciones Forestales y Agropecuarias (INIFAP) en México: selección del material parental y cruzamiento son la base del mejoramiento. Algunas características son deseables en estos materiales como: forma, color y orientación de la hoja (hojas verdes y brillantes son más frías que las oscuras), altura de planta y resistencia a enfermedades, el rendimiento generalmente se evalúa hasta la 4ª y 5ª generación.

La experimentación alternativa (déficit y no déficit) en generaciones avanzadas, no utiliza criterios múltiples fisiológicos de selección, pero guía a establecer

sin duda, que un carácter simple de resistencia a sequía beneficiará la producción bajo agua limitante e incorporará este carácter en el programa de mejoramiento, (Turner 1986).

Rajaram y Nelson (1985), comunican que uno de los objetivos a largo plazo de CIMMYT es el desarrollo de germoplasma con característica de semiaridez y alta intensidad luminosa, por lo cual, localidades húmedas y frías (Toluca, Mex.), y áridas y cálidas (Obregón, Son.), son necesarias, ésto llevo a la liberación de la variedad Anza para condiciones de semiaridez y Siete Cerros que tiene un funcionamiento semejante en riego y secano.

La selección de materiales tolerantes a estrés hídrico en el INIFAP, se realiza bajo condiciones críticas de humedad, con sólo un riego aplicado a la siembra, o bien en condiciones de humedad residual. Así, a través de ciclos de selección y cruzamiento y evaluación en diferentes ambientes fueron obtenidas las variedades Gálvez S-87 y Temporalera S-87.

Respuesta al déficit hídrico en trigo.

La humedad del suelo es un factor limitante en la producción de cualquier cultivo (Bidwell 1979, Salisbury y Ross 1978), un incremento en el rendimiento a medida que se aumenta el grado de humedad del suelo, es esperado hasta un

rendimiento (Hunsaker y Bucks 1967).

Palacios (1978), expresa que siendo la humedad del suelo un factor controlable, el rendimiento es función del agua que el cultivo evapotranspira o sea:

$$y = f(Et) \quad (1)$$

Si el efecto producido en el rendimiento por un consumo de agua esta bajo cierta tensión, entonces (1), puede expresarse:

$$y = f(t_1, t_2, \dots, t_n) \quad (2)$$

De acuerdo a los juicios anteriores Hanks (1974), y Rasmussen y Hanks (1978), indican que existe una igualdad entre rendimiento y transpiración relativos de la forma siguiente:

$$y_i / y_o = ET_a / ET_p \quad (3)$$

donde y_i es el rendimiento observado, y_o rendimiento potencial, ET_a , es la evapotranspiración actual y ET_p es la evapotranspiración máxima.

Estas relaciones son susceptibles de linealizarse, con lo cual se obtiene de acuerdo a Hanks y Rasmussen (1982):

$$y_i / y_o = a + b \cdot ET_a / ET_o \quad (4)$$

Rodríguez (1988), a partir de esta ecuación, indica que los rendimientos obtenidos para un grupo de cultivos

determinan su respuesta al agua y el inverso su resistencia a sequía.

Cuando existe no satisfacción de la demanda evapotranspirativa de un cultivo, por estar sometido a deficit en cierta fase del desarrollo, Denmead y Shaw (1966), obtuvieron la expresión:

$$WSI = 1 - ET_i/ET_p \quad (5)$$

A esta expresión, Denmead y Shaw (1960), y O'Toole y Hatfield (1983), le llaman índice de estrés de agua; Hiler y Clark (1971), utilizan la misma expresión para caracterizar el factor de déficit, que además puede ser obtenido a partir de la tasa de transpiración en función de la demanda atmosférica y del potencial del suelo y hoja.

Hiler et al (1974), señalan que el factor de déficit puede ser obtenido de varias maneras, a partir de indicadores basados en: a) cultivo: potencial de la hoja, temperatura de la cubierta de la hoja, resistencia de difusión de la hoja y el inverso del tallo; b) suelo: potencial agua, y deflexión de agua disponible; c) clima-suelo: ET_p * potencial del suelo; y, d) tiempo de déficit: período de irrigación.

Por su parte, Hsiao (1973), indica que cualquier parámetro indicador de déficit puede ser tomado por separado para evaluar el estatus de estrés del cultivo.

León (1981), condujo un experimento donde evaluó algunos de estos indicadores del déficit, encontró que el potencial del suelo y el porcentaje de agua aprovechable produjeron los mayores coeficientes de correlación, lo cual sugiere que son indicadores confiables en la caracterización del factor de deficiencia.

Stewart et al (1975), evaluaron el factor de déficit en diferentes etapas de desarrollo, al relacionarlo con los rendimientos de grano de maíz y sorgo determinaron mayor susceptibilidad en maíz (1.26), contra solo .98 encontrado en sorgo.

La respuesta en susceptibilidad (SC), o reducción del rendimiento en función del déficit hídrico en diferentes etapas de desarrollo, puede evaluarse a través de la ecuación propuesta por Hiler y Clark (1971):

$$SC = (Y_0 - Y_i) / Y_0 \quad (6)$$

Donde Y_0 y Y_i son los rendimientos obtenidos para el mismo tratamiento sin déficit y con déficit respectivamente, estos rendimientos, son función de la especie y la etapa de crecimiento del cultivo, e indica la susceptibilidad del cultivo a magnitudes dadas de estrés.

El concepto índice día de estrés (IDD), de acuerdo a Hiler y Clark (1971), provee un medio cuantitativo para determinar el estrés impuesto sobre un cultivo durante su

déficit hídrico con el grado de susceptibilidad del cultivo a tal déficit, el modelo presenta la siguiente forma:

$$IDD = \sum_{i=1}^n (FD_i * SC_i) \quad (7)$$

donde n es el número de etapas consideradas.

La función lineal que integra el rendimiento y el IDD es la siguiente ecuación:

$$Y = Y_0 - \beta(IDD) \quad (8)$$

Hiler et al (1974), utilizaron el modelo en la calendarización de riegos y lograron reducir hasta en 136 mm la lámina de riego en sorgo, para un rendimiento máximo, estadísticamente igual al tratamiento control.

Saxton y Bluhm (1982), evaluaron el modelo en 49 sitios sembrados con el cultivo del maíz, utilizando datos climáticos diarios y características del cultivo y suelo, determinaron que una vez calibrado cada parámetro, el modelo puede predecir con moderado a buen éxito, los rendimientos de grano.

Swaney et al (1983), ajustaron calendarios de riego en soya a través de la utilización del modelo, con el fin de suministrar agua al cultivo sólo en las fases más críticas y optimizar el recurso en las fases de menor susceptibilidad, así, lograron mayores eficiencias en el

Yaron et al (1987), evaluaron la susceptibilidad del algodón, sometido a estrés de agua en tres etapas de crecimiento y determinaron que la etapa de floración es la etapa de mayor susceptibilidad, con una reducción de 1.5 a 2.5 puntos porcentuales, obtenidos con el modelo, sin embargo los mismos autores indican que el efecto de sequía en esta etapa, en periodos mayores de 5 días es acumulativo por lo que es esperado reducciones mayores en los rendimientos, a los estimados.

MATERIALES Y METODOS.

Características Generales del Area de Estudio.

Localización.

El experimento fue establecido en el Campo Agrícola Experimental Buenavista, de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, cuyas coordenadas geográficas son 25° 23' latitud norte y 101° 01' longitud oeste, con una altura sobre el nivel del mar de 1743 m.

Clima.

De acuerdo a la clasificación climática de Köppen, modificado por García (1973), el clima de Buenavista es BShw", que significa muy árido, semicálido, con régimen de lluvias de verano e invierno seco y extremoso.

La temperatura media anual es de 17.1 °C, con fluctuación en la media mensual de 11.6 °C como mínima y 21.7 °C como máxima, la estación lluviosa es en el verano, estableciéndose el temporal en junio y terminando en septiembre, el mes mas lluvioso es regularmente julio.

La evaporación media anual es de 1966 mm, con una media mensual de 178 mm, las mas altas intensidades de evaporación, ocurren en mayo y junio con 236 y 234 mm respectivamente.

Características del Suelo del Sitio Experimental.

El suelo del sitio experimental fue muestreado en tres profundidades del horizonte 0-60 cm, a intervalos de 20 cm. en cada uno. Se determinaron características físico-químicas realizadas en el laboratorio de Riego y Drenaje de la Universidad, los resultados se presentan en los Cuadros 2 y 3.

Por sus propiedades físicas el suelo en el horizonte estudiado es arcilloso de media-alta capacidad de almacenamiento de agua, 170.0 mm/m de humedad aprovechable para el crecimiento de los cultivos. De acuerdo a sus propiedades químicas, el suelo es de bajo contenido de materia orgánica, de mediana fertilidad en nutrientes, fósforo y nitrógeno, extremadamente rico en potasio, no tiene problemas de salinidad.

Agua de Riego.

El agua suministrada al cultivo provenía de una pila de almacenamiento, situada al poniente de la Universidad, ésta pila recibe aportaciones provenientes de una bomba de pozo profundo, y de un vaso de tratamiento de aguas negras construido cercano a la pila.

El análisis químico practicado al agua determinó los valores mostrados en el Cuadro 4. Estos resultados indican que el agua tiene una buena calidad para el riego, sin riesgo de ensalitrar el suelo a futuro.

CUADRO 2. Propiedades físicas del suelo del sitio experimental.

Característica	Profundidad (cm)		
	0-20	20-40	40-60
Textura	arcilla-limosa	arcillosa	arcillosa
Arena (%)	49	61	65
Arcilla (%)	45.4	37.4	33.4
Limo (%)	5.6	1.6	1.6
Capacidad de campo (%)	27.07	29.67	30.59
Punto de marchitez (%)	15	14.87	15.3
Densidad aparente	1.18	1.20	1.23

CUADRO 3. Propiedades químicas del suelo del sitio experimental.

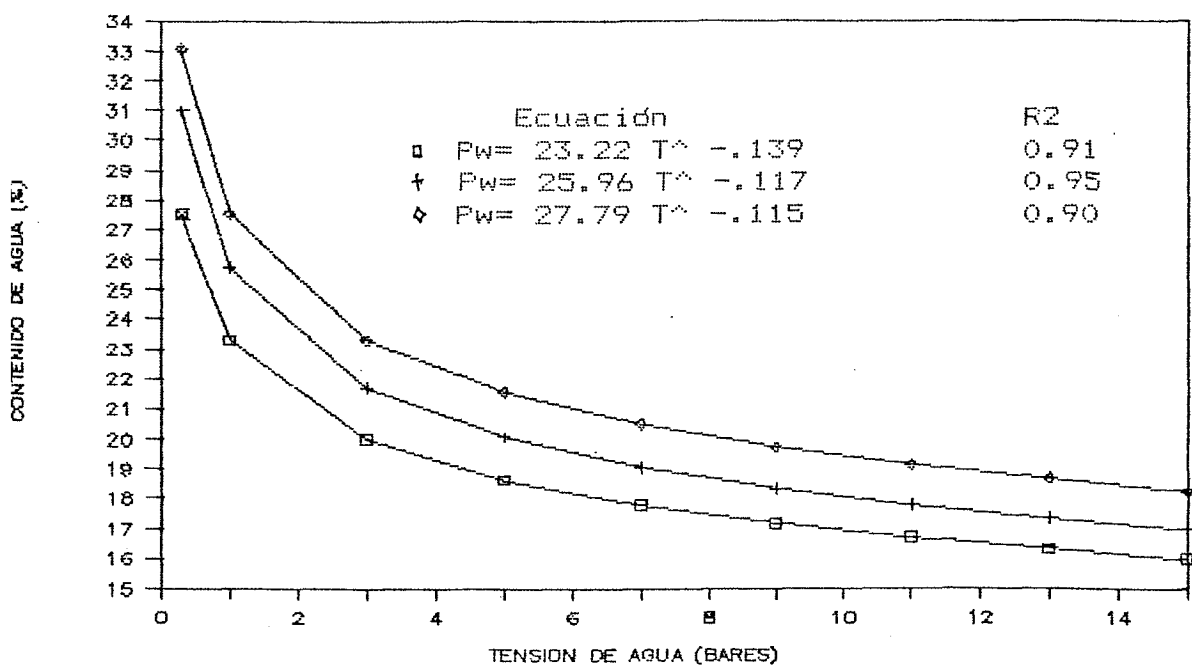
Característica	Profundidad (cm)		
	0-20	20-40	40-60
p.H.	8.33	8.19	8.2
C.E. (milimhos por cm.)	0.8	0.71	0.8
Materia orgánica (%)	2.5	1.9	1.7
Nitrógeno total (%)	0.12	0.09	0.08
Potasio int. (kg/ha)	760.5	459.0	301.5
Fósforo aprov. (kg/ha)	47.9	45.7	45.4
Carbonatos totales (%)	25.8	29.9	30.4

CUADRO 4. Propiedades químicas del agua de riego empleada en el experimento.

Propiedad	valor	
Conductividad eléctrica	723	umohs/cm
p.H.	8.1	
Calcio	4.0	meq/lto.
Magnesio	6.0	meq/lto.
Potasio	0.35	meq/lto.
Sodio	2.82	meq/lto.
Carbonatos	1.1	meq/lto.
Bicarbonatos	7.6	meq/lto.
Cloro	0.5	meq/lto.
Carbonatos totales	1.1	meq/lto.

Constantes de Humedad.

Por el método de las ollas de presión, se determinaron los valores del porcentaje de agua a capacidad de campo y punto de marchitez permanente, a 0.3 y 15 bares de tensión respectivamente. Así mismo, se obtuvieron los contenidos de agua en por ciento para 3,4,7 y 15 bares, con el fin de obtener las curvas características de retención de agua, para cada profundidad del horizonte estudiado. Las curvas con sus respectivas ecuaciones se muestran en la Figura 1. La densidad aparente para cada estrato estudiado, se determinó por el método de los cilindros de volumen conocido, los resultados se presentan en el Cuadro 2.



Profundidad (cm) □ 0-20 + 20-40 ◆ 40-60

Factores y Niveles de Estudio.

En este trabajo se estudiaron dos factores: régimen de humedad del suelo (factor A) y variedades de trigo (factor B). Para la aplicación de estos factores, el ciclo vegetativo del trigo se dividió en tres etapas de desarrollo, de acuerdo a la siguiente descripción:

Etapa vegetativa (V). Se consideró desde la siembra hasta el inicio de espigamiento, (embuche).

Etapa de floración (F). Comprendió desde el estado anterior hasta el estado lechoso del grano.

Etapa de madurez (M). Abarcó desde el estado lechoso del grano hasta el estado masoso del mismo.

Los niveles de estudio del factor A, se describen en el Cuadro 5, para su implementación se aplicó la metodología propuesta por Hiler y Clark (1971) y Doorenbos y Kassam (1979), y se adicionó el nivel 5 en este factor A.

En relación a los niveles del factor B, las tres primeras variedades son materiales precoces, originadas bajo esquemas de fitomejoramiento en condiciones deficitarias, de humedad durante ciclos sucesivos de selección, mientras que los dos últimos materiales son variedades de ciclo intermedio-precoc, sembradas ampliamente bajo riego, sobre todo en el centro del país.

Diseño Experimental.

Se utilizó un diseño experimental de parcelas

divididas en bloques al azar con tres repeticiones, asignándose a la parcela grande los niveles del factor A y a las subparcelas los niveles del factor B. Todas las subparcelas fueron separadas con bordos de 1.0 m de ancho y 30 cm. de altura.

Las dimensiones de la parcela grande fueron de 21.5 m. de largo y 9.0 m. de ancho, al hacer el bordeo de las subparcelas, las parcela grande también quedaron bordeadas; cada subparcela tenía como medidas, 9.0 m. de largo y 3.5 m. de ancho. La Figura 2 muestra la distribución de tratamientos en el campo.

Cuadro 5. Niveles de estudio por factor, evaluados en el experimento.

Factor	Nivel	Descripción
A	1	Sequía en etapa vegetativa (SV), no sequía el resto del ciclo vegetativo.
	2	Sequía en floración (SF), no sequía en las demás etapas de desarrollo del cultivo.
	3	Sequía en madurez (SM), no sequía en las demás etapas de desarrollo del cultivo.
	4	No sequía (SS), en todas las etapas de crecimiento del cultivo.
	5	Sequía en todas las etapas de crecimiento del cultivo (ST).
B	1	Variedad Temporalera S-87
	2	Variedad Gálvez S-87
	3	Variedad México -82
	4	Variedad Salamanca S-75
	5	Variedad Pavón F-76

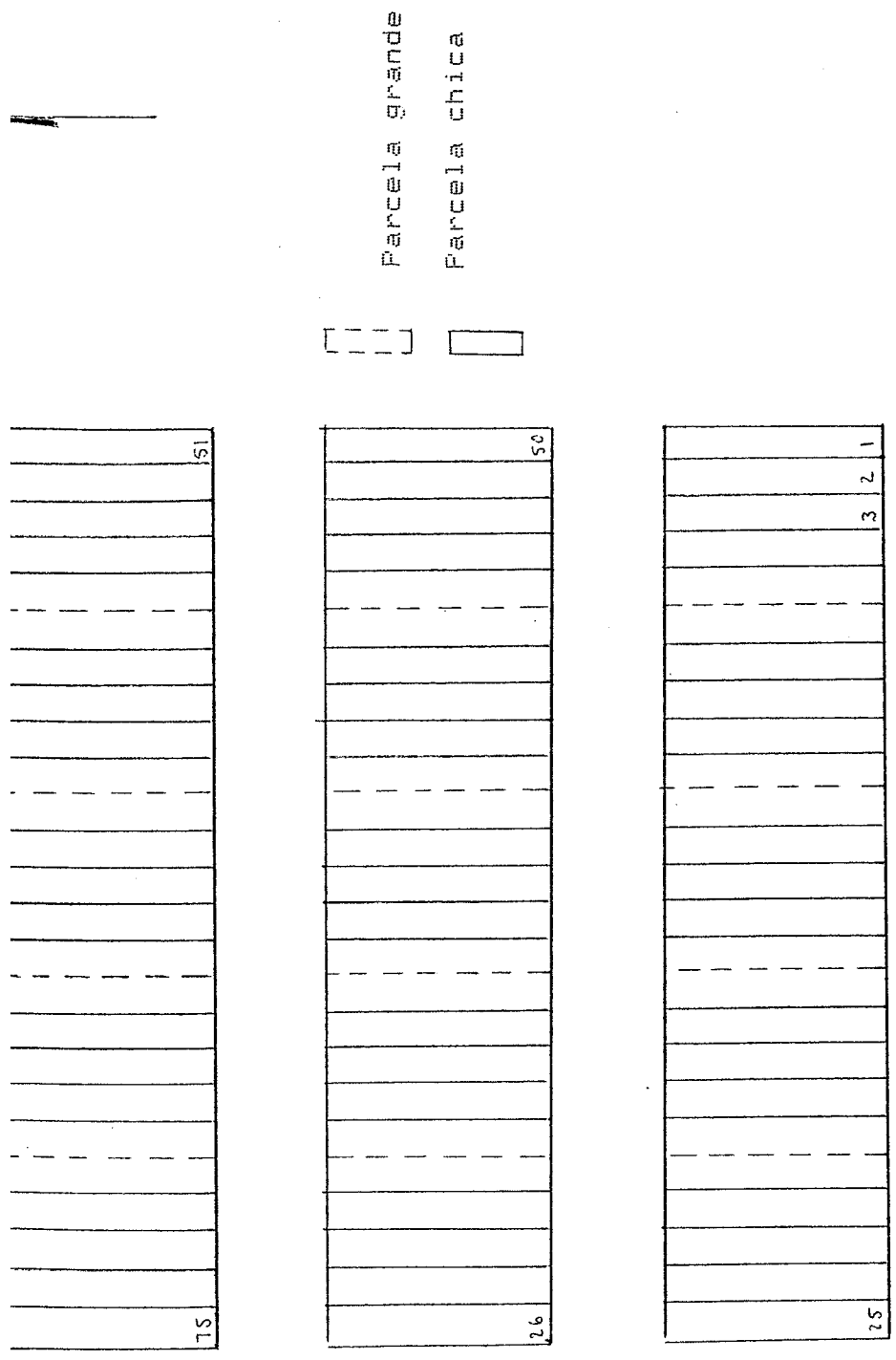


FIGURA 2. Distribución de tratamientos experimentales en el campo

Manejo del Experimento.

Las prácticas y labores de cultivo efectuadas en este trabajo, se realizaron en base a trabajos previos, las que a su vez, se sustentaron en recomendaciones proporcionadas por el Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. Cabe hacer mención que en el ciclo previo al del trabajo un experimento de sorgo y frijol había sido realizado en el mismo sitio.

La preparación del terreno constó de un barbecho profundo dos meses antes del establecimiento del experimento, 15 días antes de la siembra se le dieron dos pasos de rastra al suelo y un bordeo con arado para formar las subparcelas y las regaderas. El bordeo fue complementado con bordeo manual en los puntos de cruce y nivelación manual de cada subparcela. El surcado, dentro de las subparcelas, se realizó con un implemento manual, con adaptación para producir surcos separados a 18 cm y una profundidad de 3 a 6 cm.

La siembra se realizó en forma manual "a chorrillo", depositando la semilla en el fondo del surco, con una densidad de siembra de 100 kg de semilla por hectárea. Del total de surcos de la parcela experimental, se tomaron los ocho centrales como parcela útil, previa eliminación de 1.0 m. de cada cabecera. Los surcos restantes a ambos lados de la parcela útil, fungieron como colchón amortiguados.

La dosis de fertilización aplicada fue la 60-80-0, la cual se realizó totalmente en la siembra; la fuente de nitrógeno fué urea y de fósforo superfosfato simple.

Durante el ciclo del cultivo sólo se requirió un deshierbe manual ligero, ya que sólo ciertas subparcelas de la repetición tres lo necesitaron, mas no así en las regaderas y bordos, donde se hicieron tres deshierbes en forma manual.

→ En relación al control de plagas, fue necesaria una aplicación de insecticida contra el pulgón de la hoja, se utilizó un organofosforado en aspersion con bomba manual, en dosis de 300 cc/100 l de agua. Hacia el final del ciclo vegetativo, las variedades México, Gálvez y Salamanca fueron atacadas severamente por pájaros, en los niveles del factor déficit todo el ciclo, lo que hizo necesario instalar papel metálico con plásticos para ahuyentarlos, sin embargo, la pérdida de estos tratamientos en el nivel 5 del Factor A obligó a dar de baja estos tratamientos por lo que en los análisis de varianza, para rendimiento de grano y materia seca, sólo se trabajo con los cuatro primeros niveles del factor A.

Para la aplicación de los riegos, se dió un riego de germinación, mediante aspersion con el fin de mojar solo la capa superior y no propiciar el agrietamiento del suelo debido a su naturaleza arcillosa. Un riego de

uniformización a los 11 días de la siembra; se aplicó utilizando, a partir de éste y en los riegos sucesivos, sifones de aluminio de 2" de diámetro, previa calibración. A partir del riego de uniformización se iniciaron los riegos de acuerdo a la distribución de los tratamientos.

Para definir el momento de riego de acuerdo a los niveles del factor A, se llevó a cabo muestreo gravimétrico, a cada tratamiento de la repetición I, tomándose como necesidad de riego, cuando la humedad aprovechable descendía al 50 por ciento que para trigo es un porcentaje cercano al de máximo rendimiento, (Marinato 1979, Escobosa 1983, Ramírez 1988). En cada riego se aplicó una lámina tentativa para llevar a capacidad de campo una profundidad de 60 cm.

La cosecha se realizó en forma manual, utilizando para ello una hoz, recolectando primero la parcela útil, se engavilló y se transportó a un asoleadero para el secado total y uniforme, se trilló con trilladora de tamaño medio. Previo a la trilla se pesó y muestreó cada gavilla para determinar el contenido de humedad de la paja y ajustar los tratamientos a un 15 por ciento de humedad. La diferencia entre el peso final ajustado menos el peso de grano, se tomó como producción de materia seca por tratamiento.

Los rendimientos de materia seca y rendimiento de grano, fueron inferidos a kilogramos por hectárea. Un

segundo muestreo de 10 plantas por tratamiento, se realizó para obtener el número de granos por espiga, la longitud de la espiga y el peso de 1000 granos.

Variables de Respuesta.

Las variables de respuesta consideradas para la evaluación del presente trabajo fueron las siguientes:

- Rendimiento de grano. (ton/ha)
- Producción de materia seca. (ton/ha.)
- Población final de tallos. (tallos/m cuadrado)
- Altura de planta (cm).
- Longitud de espigas (cm).
- Granos por espiga.
- Peso de 1000 granos. (gramos)
- Datos de clima. Durante el curso del experimento fueron tomados datos diarios de precipitación, evaporación, temperatura y velocidad del viento los cuales se presentan en el Cuadro 1A del apéndice.

Respuesta Varietal al Déficit Hídrico.

En base a la información recabada de humedad del suelo, en la que cada variedad se desarrolló y el rendimiento de grano y materia seca producida, pudo determinarse la susceptibilidad a sequía de los cultivares en estudio, mediante las metodologías propuestas por Hiler y Clark (1971), y Fischer y Maurer (1978).

Fischer y Maurer (1978), propone la obtención de un

índice que relaciona la susceptibilidad a sequía a partir de los rendimientos obtenidos bajo diferentes tratamientos de humedad, la expresión tiene la siguiente forma:

$$S = (1 - Y_s / Y_o) / D ; D = Y_m / Y_n \quad (12)$$

donde: S= índice de susceptibilidad

Y_s = rendimiento obtenido en el tratamiento bajo sequía.

Y_o = rendimiento obtenido en el tratamiento sin sequía.

D= intensidad de sequía.

Y_m = rendimiento de los materiales en estudio bajo sequía

Y_n = rendimiento medio de los materiales en estudio sin sequía.

Se calculó el índice de susceptibilidad a sequía para cada uno de los genotipos en estudio en las tres repeticiones.

Para el modelo de Hiler y Clark, el cual considera además del factor de susceptibilidad a sequía del cultivo, un factor de déficit, fue necesario el registro de información tanto de rendimiento de grano y materia seca, como de la humedad del suelo existente durante el ciclo vegetativo de los 25 tratamientos.

Factor de Susceptibilidad al déficit hídrico.

* El factor de susceptibilidad al déficit hídrico, para los cinco materiales de trigo, fue obtenido de acuerdo a los niveles planteados para el Factor A, resumido de esta

1. Déficit hídrico en la etapa vegetativa (SV).
2. Déficit hídrico en la etapa floración (SF).
3. Déficit hídrico en la etapa de madurez (SM).
4. No déficit en todo el ciclo (SS).
5. Déficit hídrico en todas las etapas (ST).

*El déficit hídrico consistió en no regar el cultivo en la etapa de déficit hasta el cambio de etapa considerada. El rendimiento de grano y materia seca de cada uno de los materiales subparcelados dentro de los niveles de A, fue denominado Y_1 , Y_2 , Y_3 , Y_0 , Y_4 respectivamente.

* La expresión de susceptibilidad del cultivo de Hiler y Clark (1971), tiene la forma:

$$FS_i = (Y_0 - Y_i) / Y_0 \quad i = 1, 2, 3 \quad (13)$$

donde: FS_i = factor de susceptibilidad del cultivo en la etapa i de crecimiento
 Y_i = rendimiento del cultivo cuando es sometido a deficiencia hídrica (únicamente durante el período i de crecimiento.
 Y_0 = rendimiento potencial (sin déficit).

Factor de deficiencia Hídrica.

[El indicador de deficiencia hídrica del cultivo, caracterizado en este experimento, fue el déficit evapotranspirativo que se obtuvo por muestreo gravimétrico de la humedad del suelo.] La relación que cuantificó el factor de deficiencia, a partir de la humedad del suelo, es propuesto por Hiler y Clark (1971).

$$FD_i = 1 - \frac{ETA_i}{ETp_i} \quad i = 1, 2, 3 \quad (14)$$

onde: FD_i = factor de deficiencia en la etapa i

ETA_i = Evapotranspiración actual en la etapa i de crecimiento.

ETp_i = Evapotranspiración máxima del tratamiento sin déficit de la misma etapa.

Análisis Estadístico.

* Se realizó análisis de varianza para el diseño parcelas divididas en bloques al azar, para las variables endimimiento de grano, materia seca producida, peso de 1000 granos, longitud de espiga, índice de susceptibilidad a sequía, factor de susceptibilidad a sequía, número de granos por espiga y población final de tallos por metro cuadrado; los valores de las dos últimas variables tuvieron transformación raíz cuadrada para cumplir con los supuestos del análisis de varianza]

Las fuentes de variación del diseño con significancia estadística, se sometieron a comparación de medias mediante diferencia mínima significativa, la metodología se muestra en el Cuadro 2A del apéndice, tomada de Gómez y Gómez (1984).

Los valores obtenidos para el factor de susceptibilidad a sequía (FS) y el factor de déficit (FD), calculados por etapa de desarrollo, se emplearon para

$$IDD = \sum_{i=1}^3 (FD_i \cdot FS_i) \quad i=1,2,3 \quad (15)$$

donde: IDD= índice deficiencia día
 FD = factor de deficiencia en la etapa i de
 i crecimiento
 FS = factor de susceptibilidad en la misma etapa i
 i
 i= etapa de crecimiento

El modelo aditivo que relaciona el rendimiento en función del IDD, fue obtenido para cada cultivar, de acuerdo a la ecuación:

$$Y = Y_0 - \beta * IDD \quad (16)$$

donde: Y= rendimiento
 Y₀= rendimiento máximo obtenido sin deficiencia
 hídrica.
 β= coeficiente de susceptibilidad a déficit hídrico

Con la información derivada del muestreo gravimétrico fue posible determinar el día que el abatimiento de la humedad aprovechable estaba al 50 por ciento de abatimiento, a partir de ese día se obtuvo el número de días con déficit que el tratamiento permaneció sin riego, a este período de tiempo se aplicó la expresión propuesta por Yaron et al (1987), que presenta la siguiente forma:

$$Y = Y_0 \prod_{i=1}^3 \beta_i^{X_i} \quad i= 1, 2, 3 \quad (17)$$

donde: Y= rendimiento
 X= número de días con déficit en la etapa de
 crecimiento i

Mediante transformación logarítmica el modelo multiplicativo puede linealizarse para la obtención de los valores de Y_0 y los β_i en las tres etapas de desarrollo, de tal forma que la ecuación (17), se transforma a:

$$\log Y = \log Y_0 + X_1 \log \beta_1 + X_2 \log \beta_2 + X_3 \log \beta_3 \quad (18)$$

La obtención de los estimadores de los parámetros de las funciones de respuesta fue mediante mínimos cuadrados mediante programas de computadora.

RESULTADOS Y DISCUSION.

VARIABLES DE RESPUESTA.

El análisis de varianza realizado para las variables rendimiento de grano, producción de materia seca, y las variables de componentes del rendimiento, que fueron: población final de tallos, longitud de espigas, número de granos por espiga y peso de 1000 granos se muestran en los Cuadros 3A, 4A, 5A, 6A, 7A Y 8A del apéndice. Los estadísticos de cada una de las variables evaluadas se presentan en el Cuadro 6.

Cuadro 6. Parámetros estadísticos de la variables experimentales estudiadas

Variable	Factor A	Factor B	I A*B	CV(%)	
				a	b
Rend grano	30.7 **	25.6 **	6.3 **	16.4	8.9
Materia seca	42.2 **	26.1 **	5.6 **	14.9	8.8
No. tallos	8.1 **	13.8 **	1.7	23.2	14.2
Long. espigas	13.4 **	8.7 **	1.4	14.5	6.8
Granos/espiga	12.2 *	3.6 *	1.0	7.3	8.5
P. mil granos	6.1 *	16.7 **	0.7	8.6	8.5

Valores de F (tablas)

.05	6.04	2.61	1.92
.01	14.8	3.83	2.55

En general, se aprecian altas diferencias significativas para las medias de los niveles de los dos factores de estudio. La prueba de medias realizada para la

variable rendimiento de grano Cuadro 7, demuestra la marcada diferencia que existe entre la producción obtenida sin sequía y la obtenida bajo sequía en las diferentes etapas de desarrollo.

CUADRO 7. Comparación de medias de rendimiento de grano de (kg/ha), de variedades en un mismo tratamiento de déficit.

Variedades	Tratamiento de déficit (D)			
	D. veget.	D. flor.	D. mad.	No déf.
Temporalera	4170 a	3670 a	4950 ab	5510 ab
Gálvez	2670 b	2270 b	4150 bc	5130 b
México	3070 b	3520 a	3630 c	3970 c
Salamanca	3130 b	4030 a	4360 bc	6100 a
Pavón	3020 b	4160 a	5260 a	6010 a

DMS 1% = 825.8 kg.

Como se puede apreciar, existió alta diferencia estadística en rendimiento de grano entre las variedades en cada tratamiento de deficiencia hídrica, en general, [las variedades México y Gálvez presentan las mayores reducciones del rendimiento por efecto de la sequía en cada una de las etapas de desarrollo consideradas, mientras que las variedades Salamanca y Pavón en las que se debería esperar una mayor reducción del rendimiento con respecto a las variedades propias para sequía, en términos absolutos no ocurre así,] lo que en parte comprueba lo indicado por Blum (1979), de que existe la posibilidad que variedades de buen funcionamiento bajo no estrés, tendrán buena

Sin embargo, con respecto a la variedad Temporalera, las variedades de riego en la etapa de crecimiento vegetativa, muestran mas bajos rendimientos lo que las hace diferentes estadísticamente, en el resto de los tratamientos de déficit, la variedad Temporalera tiene una mejor respuesta al agua que México y Gálvez, y es de la misma significancia estadística que las variedades Salamanca, y Pavón, en cierta forma esta variedad tiene semejanza con el concepto de variedad tipo descrito por Eberhart y Russell (1966).

En el Cuadro 8 se presenta la comparación estadística de las medias de rendimiento de grano para tratamientos de déficit dentro de una misma variedad. Como se observa, las variedades obtenidas en condiciones de déficit hídrico, tienen menor variación en el rendimiento, por efecto de los diferentes niveles de deficiencia de agua, que la respuesta obtenida en las variedades Pavón y Salamanca, las cuales presentan diferencia significativa hasta el tercer nivel de significancia.

Sin embargo, aún cuando estas variedades tienen una mayor variación en el rendimiento obtenido bajo sequía, son superiores a los obtenidos en las mismas condiciones por las variedades México y Gálvez, como ya fue discutido en el Cuadro 7.

CUADRO 8. Comparación de medias de rendimiento de grano (kg/ha), para tratamientos de déficit en una misma variedad.

Variedad	Tratamiento de déficit (D)			
	D. veg.	D. flor.	D. mad.	No déf.
Temporalera	4170 b	3670 b	4950 ab	5510 a
Gálvez	2670 b	2270 b	4150 a	5130 a
México	3070 a	3520 a	3630 a	3970 a
Salamanca	3130 c	4030 bc	4360 b	6100 a
Pavón	3020 c	4160 b	5260 a	6010 a

DMS 1% = 1.162 ton.

[En términos relativos, la variedad México registra los porcentajes más bajos de reducción del rendimiento en los diferentes niveles de déficit, con solo 23 por ciento de reducción en la condición más crítica de estrés, mientras que las variedades Gálvez, Salamanca y Pavón presentan alrededor del 50 por ciento de reducción del rendimiento en las mismas condiciones, en tanto, la variedad Temporalera alcanzó un 34 por ciento de reducción en la condición más crítica.]

* Déficit en la etapa de floración, produjo reducción del rendimiento en un rango entre 30 y 35 por ciento, en las variedades Temporalera, Salamanca y Pavón; el valor más alto se observó en Gálvez con 56 por ciento y el más bajo fué en la México con sólo 12 por ciento. Volke y Turrent (1973), encontraron 46 por ciento de reducción y Fischer y

etapa. Deficiencia de agua en la etapa de madurez, no redujo de manera significativa los rendimientos de grano en todas las variedades, excepto para la variedad Salamanca.

X Sequía en la etapa vegetativa, ocasionó máxima reducción en el rendimiento de grano, ya que como se observa en la Figura 1A del apéndice, hubo deficiencia de agua en la etapa final del encañe, hasta embuchamiento y de acuerdo con Salter y Goode (1967) y Doorenbos y Kassam (1979), esta es la fase de desarrollo más crítica para el cultivo.

X En el Cuadro 9 se analiza el efecto acumulado de los tratamientos de déficit en cada una de las variedades, aún cuando este efecto se enmascara, debido a la mayor capacidad de respuesta de las variedades Salamanca y Pavón, la variedad Temporalera es igual estadísticamente, siendo las más débiles México y Gálvez.

CUADRO 9. Comparación de medias de rendimiento de grano de las variedades en todos los niveles de déficit.

	Temporalera	Gálvez	México	Salamanca	Pavón
Rendimiento (ton/ha)	4.575 a	3.555 b	3.547 b	4.405 a	4.612 a

DMS 1% = .412 ton

Déficit Hídrico y Componentes del Rendimiento.

En los Cuadros 10 y 11 se encuentran las pruebas de

CUADRO 10. Comparación de medias de las variables componentes del rendimiento, para variedades en un mismo tratamiento de déficit

Variable	Variedad	Veget.	Flor	Niveles de déficit		
				Madur.	No déf.	Déf. sev.
Peso de 1000 granos (gr)	Temporalera	42.17 ab	39.3 a	41.83 b	47.17 ab	40.83 a
	Gálvez	35.34 c	33.0 b	35.83 c	36.67 c	34.20 b
	México	42 ab	40.0 a	41.67 b	42 bc	36.73 ab
	Salamanca	45.83 a	43.33 a	48.33 a	49.33 a	38.5 ab
	Pavón	38.8 bc	39.67 a	39.33 bc	40 c	36.33 ab
DMS 1% = 5.87 gr						
Número de granos/espiga	Temporalera	5.257 ab	5.499 b	5.706 b	5.755 a	4.959 ab
	Gálvez	5.663 ab	6.254 a	6.081 ab	6.013 a	5.374 ab
	México	5.092 b	5.878 ab	6.298 ab	5.777 a	4.972 b
	Salamanca	5.122 b	5.558 b	5.748 b	6.044 a	5.417 ab
	Pavón	5.843 a	5.963 ab	6.468 a	5.650 a	5.548 a
DMS 5% = .639						
Tamaño de la espiga	Temporalera	7.73 a	9.19 a	9.33 b	9.08 a	7.49 a
	Gálvez	6.86 ab	8.34 ab	9.27 bc	8.15 b	6.18 b
	México	7.03 ab	8.73 ab	10.6 a	8.83 ab	6.92 ab
	Salamanca	6.70b	8.16 b	8.99 c	8.34 ab	6.51 b
	Pavón	7.14 ab	8.18 b	9.34 b	7.81 b	6.65 ab
DMS 1% = 1.215						

CUADRO 11. Comparación de medias de las variables componentes del rendimiento, para variedades en diferentes tratamientos de déficit

Variable	Variedad	Veget.	Flor	Niveles de déficit		
				Madur.	No déf.	Déf. sev.
Peso de 1000 granos (gr)	Temporalera	42.17 a	39.3 a	41.83 a	47.17 a	40.83 a
	Gálvez	35.34 a	33.0 a	35.83 a	36.67 a	34.20 a
	México	42 a	40.0 a	41.67 a	42 a	36.73 a
	Salamanca	45.83 ab	43.33 ab	48.33 a	49.33 a	38.5 b
	Pavón	38.8 bc	39.67 a	39.33 bc	40 c	36.33 ab
DMS 1% = 8.19 gr						
Número de granos/espiga	Temporalera	5.257 a	5.499 a	5.706 a	5.755 a	4.959 a
	Gálvez	5.663 ab	6.254 a	6.081 a	6.013 a	5.374 b
	México	5.092 bc	5.878 a	6.298 a	5.777 ab	4.972 c
	Salamanca	5.122 b	5.558 ab	5.748 ab	6.044 a	5.417 ab
	Pavón	5.843 ab	5.963 ab	6.468 a	5.650 b	5.548 b
DMS 5% = .666						
Tamaño de la espiga	Temporalera	7.73 a	9.19 a	9.33 a	9.08 a	7.49 a
	Gálvez	6.86 bc	8.34 ab	9.27 a	8.15 ab	6.18 c
	México	7.03 bc	8.73 b	10.6 a	8.83 ab	6.92 c
	Salamanca	6.70 ab	8.16 b	8.39 c	8.34 a	6.51 b
	Pavón	7.14 b	8.18 b	9.34 a	7.81 ab	6.65 b
DMS 1% = 1.776						

*

1000 granos. Al comparar variedades dentro de tratamientos de sequía, Cuadro 10, se nota la supremacía que ejerce la variedad Temporalera sobre todas las variedades en todos los tratamientos de déficit, siendo la mejor en el nivel de sequía total.

La variedad Temporalera, presenta los mayores tamaños de espiga y en segunda posición en cuanto a número de granos por espiga, (Cuadro 10), además de una respuesta estable en todos los niveles de déficit (Cuadro 11), se explica la razón de los altos rendimientos obtenidos, en todos los niveles del factor déficit. Respecto al resto de los materiales, todos reducen de manera significativa el número de granos por espiga y tamaño de la espiga, principalmente en el tratamiento de sequía total.

En general, en todas las variedades la sequía aplicada en la fase de madurez, no afectó significativamente a los componentes del rendimiento estudiados e incluso en algunos casos, este tratamiento pareció beneficiar la expresión, como en tamaño de la espiga. El peso de 1000 granos, no fue afectado en absoluto por los tratamientos de déficit al 1 por ciento de significancia, excepto en la variedad Salamanca que perdió peso al encontrarse con déficit, (Cuadro 11).

Déficit Hídrico y Respuesta Varietal.

El efecto de los niveles del factor déficit

produjo acortamiento en el tiempo de duración de las etapas de desarrollo en todos los cultivares (Cuadro 12); todas las fases de desarrollo redujeron el tiempo de cada etapa bajo sequía; en sorgo, Wong (1983), encontró resultados similares al observar reducción del tiempo a floración en todos los materiales probados. En trigo, Fischer y Wood (1979), Arredondo (1982) y Ramírez (1988), también detectaron una reducción de las etapas de desarrollo, en materiales sometidos a menor régimen hídrico, con respecto a los probados en riego normal.

Sin embargo, al normalizarse el riego con el cambio de etapa, la duración de las fases tiende a parecerse a los tiempos obtenidos bajo no estrés, esto significa que el déficit afecta de manera inversa el tiempo de ciclo vegetativo de los cultivares, en una variedad tardía Ramírez (1988), reporta un comportamiento similar.

En todos los tratamientos, déficit en una etapa redujo el consumo de humedad en las etapas de desarrollo posteriores, es decir, las plantas no recuperan su capacidad de evapotranspiración máxima encontrada bajo no déficit, (Cuadro 12). Sandoval (1983), demuestra en trigo no recuperación de ETm en materiales sometidos a déficit.

En el Cuadro 12, se observan los consumos de humedad obtenidos para cada cultivar en todos los niveles

Nivel Tratamiento (sequeña-variedad)	Días a etapa		Total CV		Lámina ET		(cm)		Total
	V	F	M		V	F	M		
Veg. -Temporalera	68	24	17	109	9.7	7.9	8.9	26.5	
-Gálvez	71	20	18	109	7.9	11.8	7.6	27.3	
-México	61	23	16	100	11.0	5.2	7.7	23.9	
-Salamanca	63	25	17	105	9.1	7.5	7.4	24.0	
-Pavón	69	25	18	112	9.1	9.5	7.1	25.7	
Flor. -Temporalera	75	19	17	111	13.4	7.7	7.8	28.9	
-Gálvez	76	18	18	112	9.3	7.5	5.3	22.1	
-México	72	18	16	106	11.4	7.4	8.4	27.2	
-Salamanca	75	19	17	111	10.5	7.4	5.5	23.4	
-Pavón	76	19	20	115	9.7	7.2	4.8	21.7	
Mad. -Temporalera	76	21	16	113	12.5	12.3	9.2	34.0	
-Gálvez	74	20	16	110	11.0	13.4	8.8	33.2	
-México	72	21	16	109	10.4	14.1	7.2	31.7	
-Salamanca	71	22	17	110	9.6	12.8	7.0	29.4	
-Pavón	76	23	21	120	15.0	13.3	8.0	36.3	
No def. -Temporalera	76	21	19	116	15.5	13.7	9.4	38.6	
- Gálvez	75	22	19	116	15.8	15.7	8.8	40.3	
-México	71	22	14	107	12.8	12.9	8.4	32.1	
-Salamanca	71	22	18	111	13.1	13.8	9.9	36.8	
-Pavón	76	24	20	120	15.5	14.7	12.0	42.3	
Déf. sev. - Temp.	67	23	16	106	8.7	11.6	4.1	24.4	
-Gálvez	69	22	14	105	9.5	11.4	2.8	23.7	
-México	64	21	12	97	10.6	11.7	3.3	25.6	
-Salamanca	63	22	13	98	8.4	7.9	3.2	19.5	
-Pavón	68	23	15	106	8.6	10.2	3.7	22.5	

láminas más altas bajo no déficit y déficit en madurez, en contraparte, la variedad México tiene baja respuesta evapotranspirativa en condiciones de riego normal y su consumo de agua es casi similar aún bajo déficit severo; Rodríguez (1988), relaciona estos comportamientos con los conceptos de respuesta al agua y resistencia a sequía, así, la variedad México posee resistencia a sequía, pero nula respuesta al agua.

Relación Déficit Hídrico y Rendimiento.

Las diferencias en los consumos de humedad en los tratamientos del factor déficit, están en relación inversa con los rendimientos obtenidos en todas las variedades, así mientras mayor es la diferencia del tratamiento bajo no déficit, con respecto a los demás niveles, es mayor la reducción del rendimiento.

El análisis de varianza realizado para el índice de susceptibilidad a sequía mostró alta diferencia significativa tanto para el factor déficit como variedades, sin embargo, los altos coeficientes de variación obligan a tomar los resultados con cierta reserva (Cuadros 9A y 10A del apéndice). Las medias del índice de susceptibilidad a sequía para rendimiento de grano de las variedades, en todos los niveles de déficit son:

Temporalera	Gálvez	México	Salamanca	Pavón
0.353 b	0.625 a	0.223 c	0.559 a	0.411 b

Puede afirmarse que las variedades Gálvez, Salamanca y Pavón en general, son más susceptibles al déficit hídrico, lo cual corrobora, en el caso de las dos últimas, lo asentado por Sojka *et al* (1985), en el sentido de que las variedades de riego pueden presentar mal funcionamiento bajo condiciones estréss.

Respecto al factor de susceptibilidad a sequía, los análisis de varianza para grano y materia seca se encuentran en los Cuadros 11A y 12A del apéndice, en ambos casos se detectó diferencia estadística tanto para el factor déficit como variedades; sin embargo, estos resultados deben tomarse con precaución debido a los altos coeficientes de variación observados tanto en A (51.5 por ciento), como en B (32.3por ciento).

La prueba de medias para el factor susceptibilidad en rendimiento de grano, promediando todos los niveles de deficiencia, arrojó los siguientes resultados:

Temporalera	Gálvez	México	Salamanca	Pavón
0.222 c	0.404 a	0.141 c	0.366 ab	0.31 b
DMS 1%= 0.171				

De esta información se deduce que las variedades Salamanca, Gálvez y Pavón presentan una mayor susceptibilidad que las variedades Temporalera y México.

En el Cuadro 13, se muestran los valores obtenidos para el factor de susceptibilidad, mientras que los valores del rendimiento de grano se muestran en el Cuadro 14. Los

valores del factor de déficit se obtuvieron por tratamiento a partir del Cuadro 12.

CUADRO 13. Factor de susceptibilidad (FS), por tratamiento de estudio.

Variedad	Nivel de sequía		
	vegetativa	floración	madurez
Temporalera	0.228	0.339	0.101
Gálvez	0.468	0.556	0.188
México	0.225	0.117	0.083
Salamanca	0.484	0.333	0.282
Pavón	0.499	0.308	0.123

Los valores de susceptibilidad son en promedio, ligeramente más altos a los reportados para las mismas etapas por Hiler y Clark (1971), sin embargo, para deficiencia de agua en madurez estos valores son sensiblemente más bajos, así mismo la variedad México y Temporalera están por debajo de los citados valores, lo cual puede ser debido a una más alta capacidad de resistencia al estrés hídrico, Bidwell (1979), y Turner (1986), explican este comportamiento, como un acondicionamiento susceptible de heredarse por el continuo desarrollo bajo condiciones estrés.

CUADRO 14. Índice día de déficit (IDD), por tratamiento de estudio.

Variedad	vegetat.	Nivel de déficit		total
		flor.	madurez	
Temporalera	0.232	0.196	0.0809	0.209
Gálvez	0.397	0.557	0.218	0.467
México	0.108	0.0656	0.0433	0.980
Salamanca	0.371	0.420	0.236	0.514
Pavón	0.300	0.288	0.084	0.308

Las funciones del modelo de Hiler y Clark obtenidas por regresión del índice deficiencia día (IDD) vs. rendimiento se muestran en el Cuadro 15.

Cuadro 15. Rendimiento de grano en función del índice día de déficit.

Variedad	Ecuación	R ²
Temporalera	$y = 5.507 - 8.451 \text{ IDD}$	0.79
Gálvez	$y = 5.177 - 6.001 \text{ IDD}$	0.92
México	$y = 4.087 - 13.167 \text{ IDD}$	0.63
Salamanca	$y = 6.132 - 7.223 \text{ IDD}$	0.87
Pavón	$y = 6.065 - 8.893 \text{ IDD}$	0.93

De acuerdo a esta información los más bajos valores obtenidos en las pendientes de las ecuaciones Salamanca, Gálvez y Temporalera, indican que estas variedades, en rendimiento de grano, son menos susceptibles a sequía, mientras que las variedades México y Pavón, inhiben más el rendimiento, en condiciones deficitarias de humedad. Los valores de la ordenada al origen, representan los rendimientos esperados bajo no déficit, así, las variedades Salamanca, Pavón y Temporalera tienen un potencial de rendimiento más alto respecto a Gálvez y México.

De esta forma, la aplicación del modelo de Hiler y Clark, permitió diferenciar de acuerdo a los valores de los parámetros de regresión, que variedades son más susceptibles a la deficiencia de agua, y cuál es la

respuesta potencial de cada variedad en caso de no haber déficit en ninguna etapa de crecimiento; así, aún cuando las variedades México, Pavón y Temporalera, son de alta susceptibilidad, las dos últimas presentan alto potencial de rendimiento, mientras que la primera no lo posee, y además es altamente susceptible al déficit.

Puede observarse que los valores de los coeficientes de determinación, son más altos para las variedades Gálvez, Salamanca y Pavón. El bajo valor de explicación del modelo de la variedad México, indica que no pueden definirse resultados demasiado confiables.

En las Figuras 3, 4, 5 y 6, se muestra la correlación obtenida para los rendimientos de grano observados y estimados por el modelo de Hiler y Clark de las variedades Temporalera, Gálvez, Salamanca y Pavón, al igual que la ecuación de ajuste

El registro de la humedad del suelo a través del ciclo vegetativo de cada uno de los tratamientos estudiados, permitió conocer el tiempo de permanencia en días bajo déficit de cada cultivar, en los distintos niveles de déficit. En el Cuadro 13A del apéndice se presenta la información, del tiempo en días de deficiencia de agua obtenida por etapa de desarrollo, para cada tratamiento.

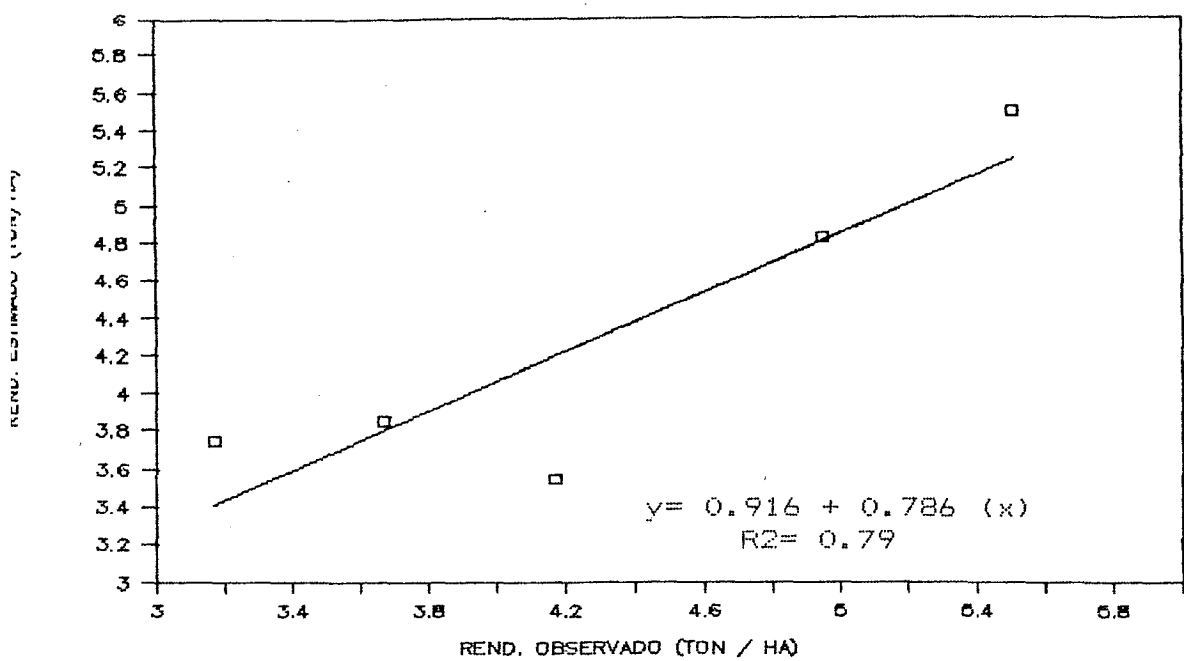


FIGURA 3. Correlación del rendimiento observado y estimado del modelo aditivo, variedad Temporalera.

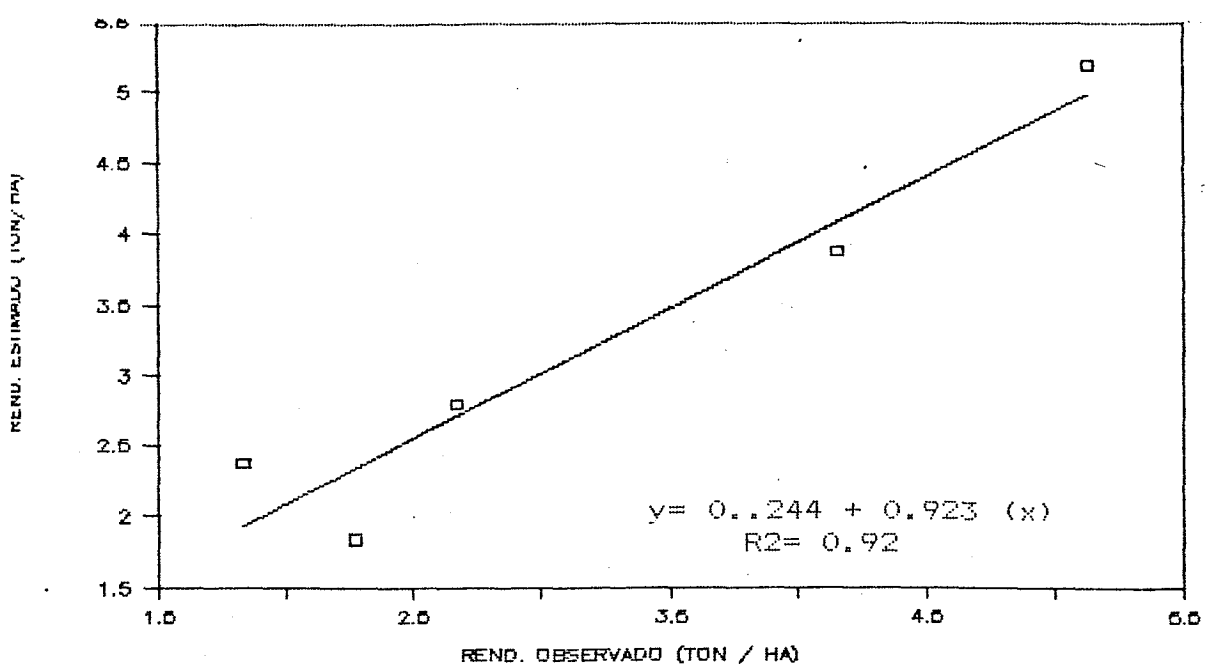


FIGURA 4. Correlación del rendimiento observado y estimado del modelo aditivo, variedad Gálvez.

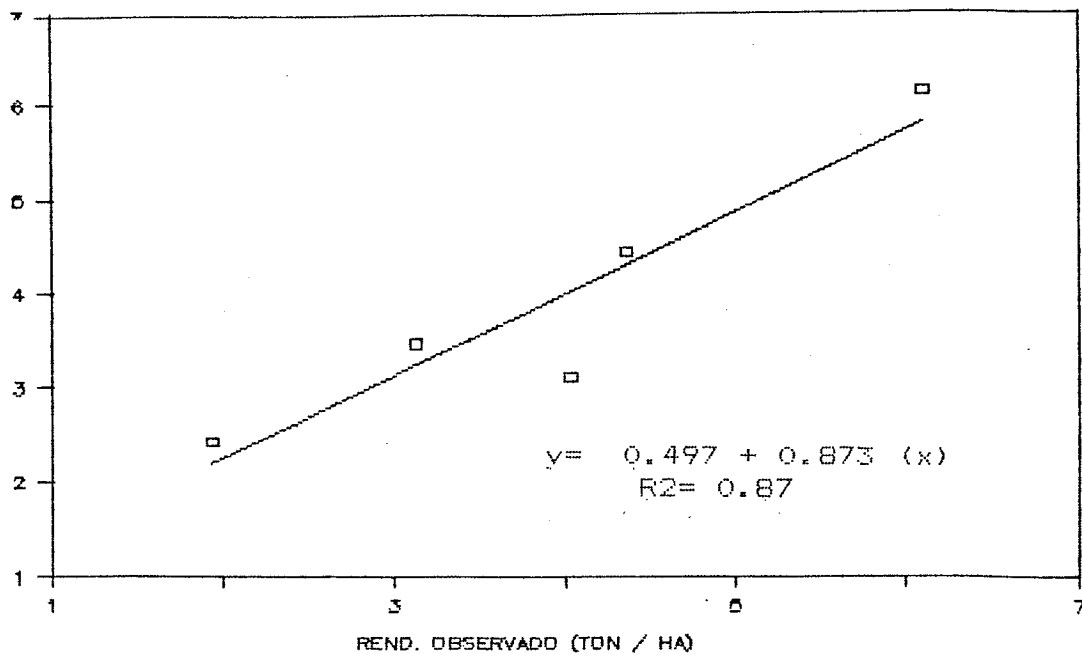


FIGURA 5. Correlación del rendimiento observado y estimado del modelo aditivo, variedad Salamanca.

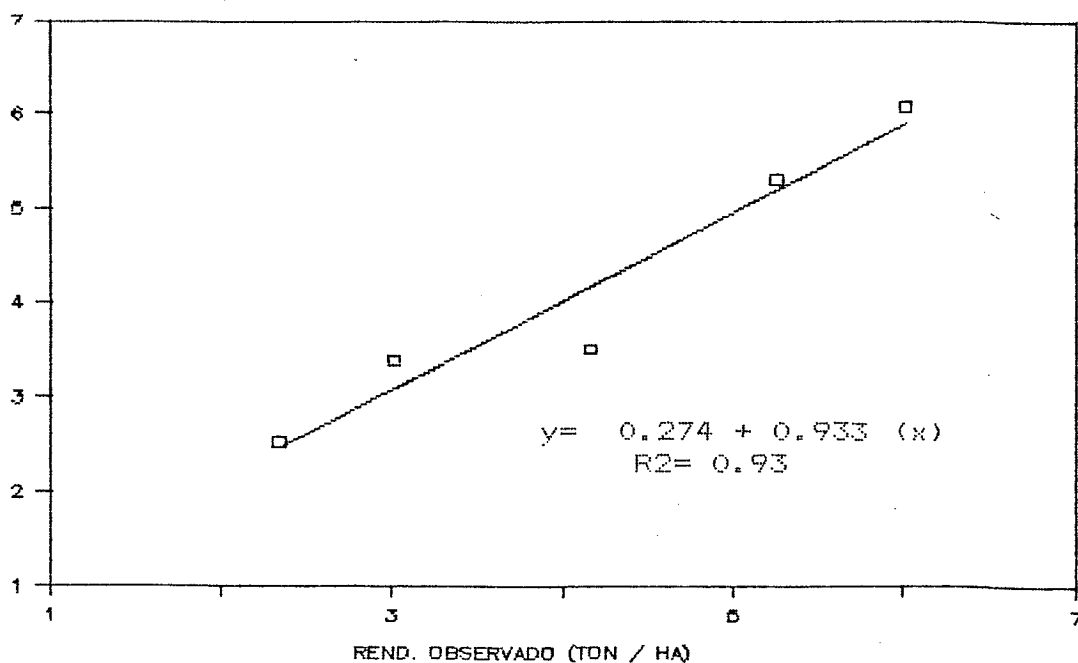


FIGURA 6. Correlación del rendimiento observado y estimado del modelo aditivo, variedad Pavón.

Con la aplicación del modelo multiplicativo, a la información del tiempo de déficit de cada variedad, se obtuvieron las funciones que se muestran en el Cuadro 16.

CUADRO 16. Rendimiento de grano en función del tiempo de déficit hídrico en tres etapas de desarrollo.

Variedad	Ecuación			R ²
	X1	X2	X3	
Temporalera	y= 5.863 (.994)	(.983)	(.999)	0.95
Gálvez	Y= 5.608 (.986)	(.963)	(.999)	0.86
México	Y= 4.628 (.986)	(.997)	(.987)	0.90
Salamanca	Y= 6.548 (.981)	(.988)	(.984)	0.90
Pavón	Y= 6.543 (.982)	(.989)	(.995)	0.97

X1, X2, X3 : tiempo de déficit hídrico en las tres etapas

El modelo multiplicativo, permite obtener coeficientes de determinación más altos para las ecuaciones de respuesta, incrementándose notablemente en la variedad México.

En forma gráfica, la correlación entre el rendimiento observado y rendimiento estimado se muestra en las Figuras 7,8, 9 y 10 en las variedades Gálvez, Salamanca Pavón y Temporalera.

Con la obtención de estos modelos, es posible determinar la reducción del rendimiento por día de sequía en cada una de las etapas de desarrollo, estos resultados,

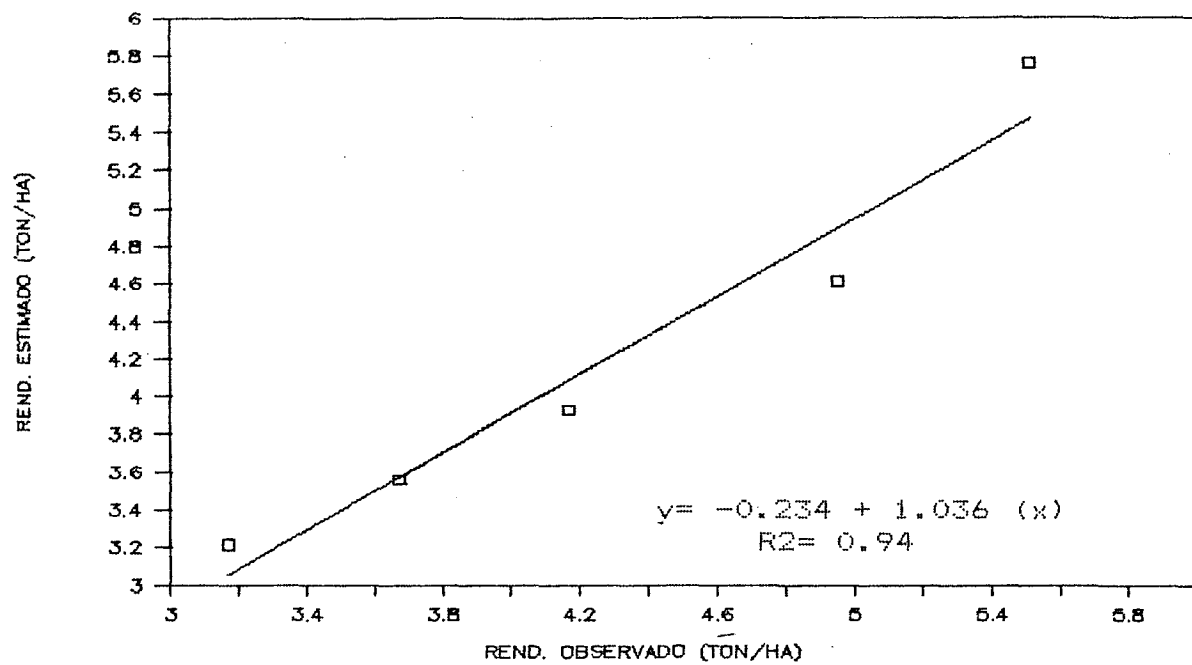


FIGURA 7. Correlación del rendimiento observado y estimado del modelo multiplicativo variedad Temporalera.

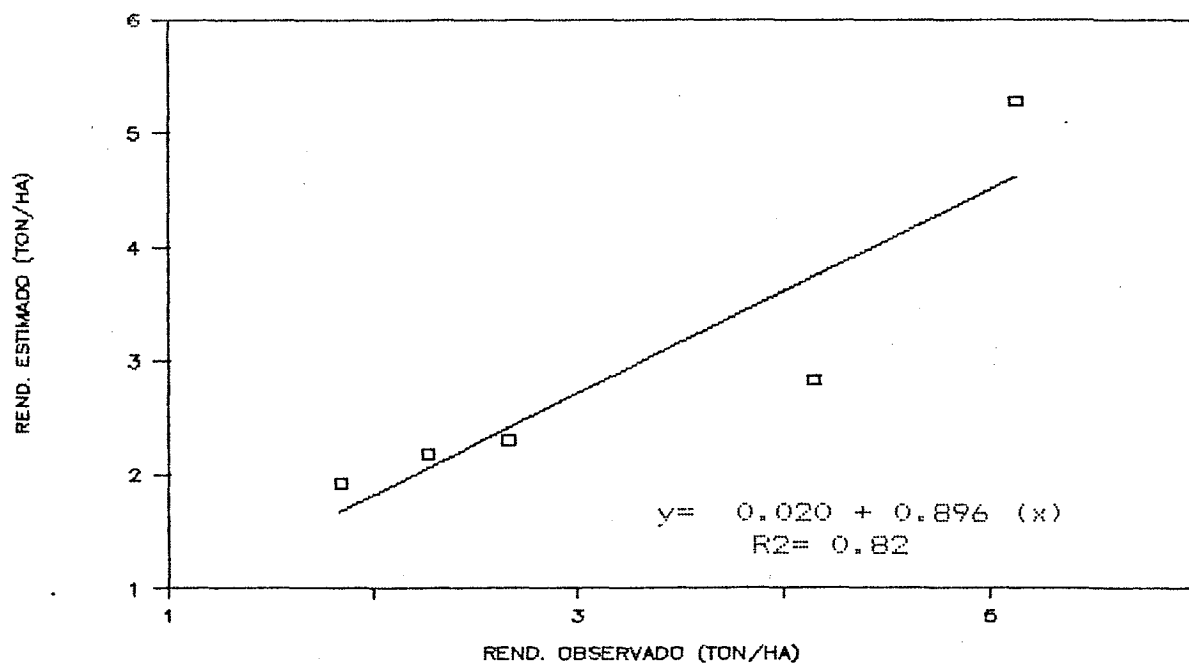


FIGURA 8. Correlación del rendimiento observado y estimado del modelo multiplicativo variedad Gálvez.

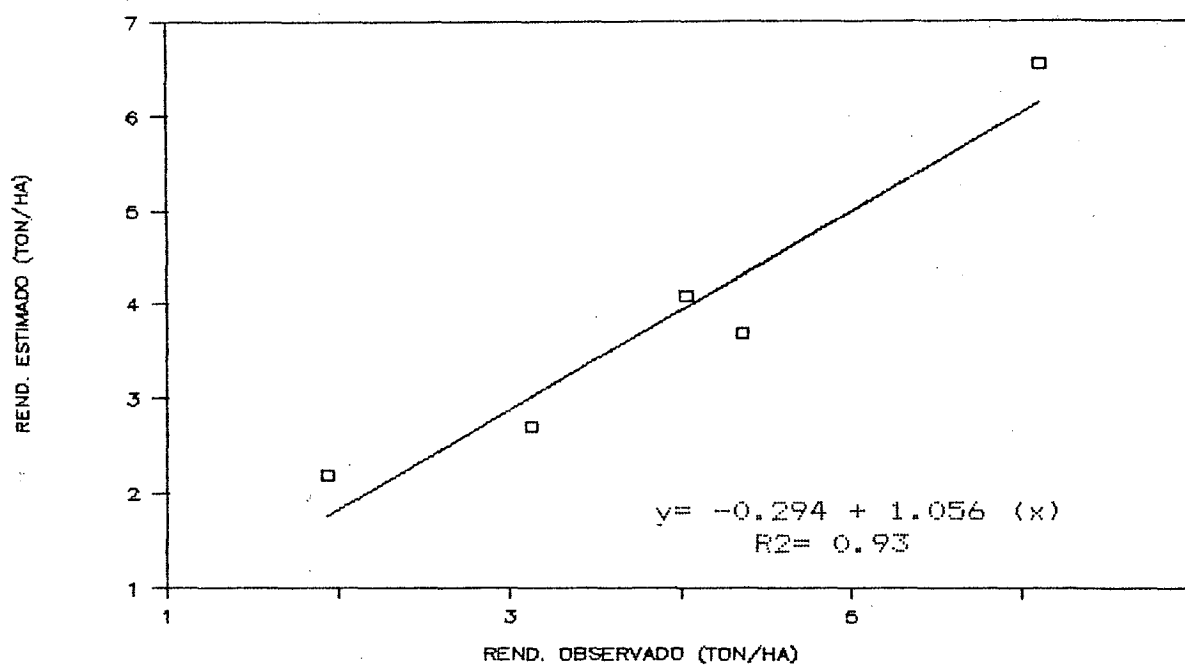


FIGURA 9. Correlación del rendimiento observado y estimado del modelo multiplicativo variedad Salamanca.

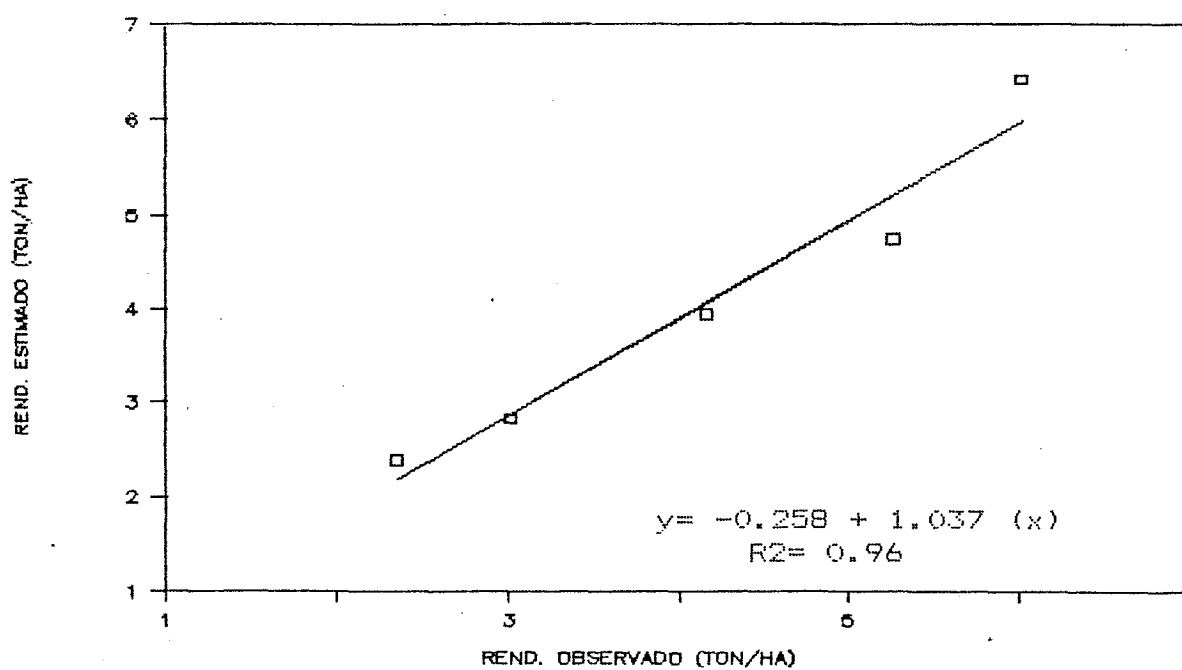


FIGURA 10. Correlación del rendimiento observado y estimado del modelo multiplicativo variedad Salamanca.

rendimiento potencial se obtiene la reducción en porciento.

X CUADRO 17. Porcentajes de reducción del rendimiento de grano por día de sequía en cada fase de desarrollo del cultivo.

Variedad	Etapa		
	Vegetativa	Floración	Madurez
Temporalera	0.6	1.7	1.0
Gálvez	1.4	3.7	0.1
México	1.4	0.3	1.3
Salamanca	1.9	1.2	1.6
Pavón	1.8	1.1	0.5

Se aprecia en forma clara, que la sequía en la etapa de floración produce mayor efecto en las variedades Temporalera, Gálvez y Salamanca cada día de sequía es capaz de reducir el rendimiento de grano en 1.7, 3.7 y 1.2 porciento respectivamente. Déficit en las etapas de madurez y vegetativa presentan más bajos porcentajes de reducción por día en todas las variedades. Esto es importante si se considera que la etapa vegetativa, abarcó déficit en la fase más crítica del cultivo de acuerdo a Slatyer (1969).

En términos generales, el modelo multiplicativo presenta mejores coeficientes de determinación que el modelo aditivo, además de que es más práctico para la estimación de la reducción del rendimiento por día de déficit, en las tres etapas consideradas.

Aún cuando dentro de la etapa vegetativa considerada se traslapan las etapas: a) emergencia a

gametogénesis, la cual es de muy baja susceptibilidad, según reportes de Marinato (1979), Escobosa (1979) y Sandoval (1983); y b) gametogénesis a embuchamiento que de acuerdo a Slatyer (1969), y Doorenbos y Kassam (1979), es la fase más crítica del trigo a la deficiencia hídrica. El efecto de sequía en las variedades Gálvez, Salamanca y Pavón, probó válida esta información.

La consideración de 4 fases de desarrollo, podría implicar más trabajo en el campo, el cual se incrementaría aún más al aumentar el número de variedades, sin embargo, las fases pueden ser fácilmente identificadas, siguiendo la metodología de Doorenbos y Kassam (1979).

CONCLUSIONES

Bajo las condiciones en las cuales se llevó a cabo esta investigación se concluye que:

1. Todas las variedades redujeron el rendimiento por deficiencia de agua, siendo la etapa más sensible, la vegetativa, seguida de floración, y la de madurez con la menor afectación.
2. Los componentes del rendimiento fueron afectados sólo por déficit en floración y en la etapa vegetativa, para todas las variedades excepto la variedad Temporalera, quien mantiene un estándar sobresaliente con respecto al no déficit.
3. Las variedades Salamanca, Pavón y Gálvez, fueron más susceptibles al déficit de agua, ya que presentan coeficientes de susceptibilidad (FS) más altos, .366 .31 y .404 respectivamente.
4. El modelo de Hiler y Clark indica que las variedades Pavón, Salamanca y Temporalera, tuvieron una alta respuesta al suministro adecuado de agua, produciendo los mayores rendimientos de grano.
5. El modelo de Hiler y Clark, define como variedades

Temporalera y Salamanca.

6. El modelo obtenido en función del tiempo de déficit permite obtener los mas altos coeficientes de determinación fueron para las variedades Temporalera, México, Salamanca y Pavón con 0.95, 0.90, 0.90 y 0.97 respectivamente.
7. La deficiencia de agua en la etapa de floración reduce en mayor proporción los rendimientos en las variedades, Temporalera y Gálvez, mientras que en las variedades Salamanca y Pavón el porcentaje de reducción es mayor en la etapa vegetativa.
8. La mejor explicación del rendimiento por el modelo multiplicativo, respecto al aditivo, sugiere la presencia de intracciones del déficit con las etapas de desarrollo.

RESUMEN.

El presente trabajo de investigación se realizó en el Campo Agrícola Experimental Buenavista, de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, la cual se ubica al sur de la ciudad de Saltillo, Coah., a una altitud de 1743 msnm.

El trabajo de investigación tiene la finalidad de evaluar el efecto del déficit hídrico, así como la susceptibilidad al déficit, en tres etapas de desarrollo de 5 variedades de trigo (Triticum aestivum, L.). Los niveles de deficiencia de agua se lograron suspendiendo el riego en determinada etapa de desarrollo de cada variedad, y suministro de riego en las demás etapas fenológicas, así mismo se tuvo un tratamiento sin déficit en las tres etapas y otro con déficit en las citadas etapas. El registro de la humedad del suelo se realizó mediante muestreo gravimétrico.

De cada tratamiento se evaluaron las siguientes características agronómicas: rendimiento de grano, producción de materia seca, tamaño de la espiga, peso de 1000 granos y población final de tallos.

Se evaluó el modelo de Hiler y Clark (1971), que permite analizar el rendimiento en función del déficit

y un modelo multiplicativo propuesto por Yaron et al (1987), que evalúa cada variedad en función del tiempo de déficit.

Los resultados obtenidos indican que en la variedad Gálvez el modelo aditivo tiene mayor explicación del rendimiento con coeficiente de determinación de 0.92 mientras que el modelo multiplicativo, presentó mayores coeficientes en las variedades México, Salamanca, Favón y Temporalera con 0.90, 0.90, 0.97 y 0.95 respectivamente.

Ambos modelos indican que las variedades Salamanca, Favón y Temporalera tienen alto potencial de rendimiento, aún cuando son más susceptibles a la deficiencia de agua que la variedad Gálvez, mientras que la variedad México presenta además de alta susceptibilidad, baja respuesta al agua.

LITERATURA REVISADA

- Arredondo, V.C. 1982. Aptitud combinatoria general y específica en líneas de trigo (Triticum aestivum), bajo el método riego-sequía. Tesis MC, CP, Chapingo, Méx. 150p.
- Barr, H.H. 1968. Determination of water deficits in plant tissues. In Water Deficits and Plant Growth. T.T. Kozlowski. Academic Press. New York, USA.1: 235-50
- Begg, J.E. and N.C. Turner 1976. Crop water deficits. Adv. Agron. 28:161-217
- Bidwell, R.G.S. 1983. Fisiología vegetal. AGT. México, DF 784 p.
- Blum, A. 1979. Genetic improvement of drought resistance in crop plants: a case for sorghum. In Stress Physiology in Crop plants. John Wiley and Sons. New York, USA. 431-446
- Cisneros, A.C.E. 1979. Efecto de las variaciones de la humedad del suelo en diferentes etapas de crecimiento del cultivo del trigo. Tesis Maestría. C.P. Chapingo, Méx.
- Denmead, D.T. and R.H. Shaw 1960. The effects of soil moisture stress at different stages of growth on the development and yield of corn. Agr. J. 52:272-74
- Devlin, M.R. 1970. Fisiología vegetal. Ed. Omega. Barcelona, Esp. 560 p.
- Doorenbos, J. y A.H. Kassam 1979. Efectos del agua sobre el rendimiento de los cultivos. FAD. Roma, Italia 212 p.
- Doty, C.W., J. E. Parsons, A. Nassehzaden, R.W. Skags and A.W. Baddr 1984. Stream water levels effect water table and corn yield. Trans. of the ASAE 27:1300-06
- Eberhart, S.A. and W.A. Russell 1966. Stability parameters for comparing varieties. Crop Sci. 6(1):36-40
- Escobosa, G.L.F. 1983. Construcción y uso de una función de respuesta del trigo en base a las variaciones de la humedad del suelo. Tesis MC, CP, Chapingo,

- Faz, C.R. 1986. Parámetros físicos y anatómicos que definen la eficiencia en el uso del agua en el cultivo del triticale. Tesis Maestría. UAAAN. Saltillo, Coah. 63 p.
- Fischer, R.A. and R. Maurer 1978. Drought resistance in spring wheat cultivars. I grain yield responses. *Aust. Agr. J. Res.* 30:1001-1019
- Fischer, R.A. and M. Sánchez 1979. Drought resistance in spring wheat cultivars. II. Effects on plant water relations. *Aust. J. Agr. Res.* 30:801-14
- Fischer, R.A. and N.C. Turner 1978. Plant productivity in the arid and semiarid zone. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 29:277-317
- Fischer, R.A. and J.T. Wood 1979. Drought resistance in spring wheat cultivars. III yield associations with morpho-physiological traits. *Aust. Agr. J. Res.* 29:897-912
- Gavande, A.S. 1982. Física de suelos. Ed. Limusa. México, D.F. 351 p.
- Gómez, K.A. and A.A. Gómez 1984. Statistical procedures for agricultural research. Jhon Wiley and Sons. New York, USA.
- Griffiths, F.J. 1985 Climatología aplicada. Pub. Cultural, S.A. México, D.F. 154 p.
- Fitter, A.H. and C.K.M. Hay 1981. Environmental physiology of plants. Academic Press. New York. USA 355 p.
- Hanks, R.J. 1974. Model for predicting plant yield as influenced by water use. *Agr. J.* 66:660-64
- Hanks, R.J. and V.P. Rasmussen 1987. Predicting crop production as related to plant water stress. *Adv. Agr.* 35:193-215
- Henckel, A.P. 1964. Physiology of plants under drought. *Ann. Rev. of Plant Physiol.* 17:269-282
- Hiler, E.A. and R.N. Clark 1971. Stress day index to characterize effects of water stress on crop yields. *Transactions of the ASAE.* 14(4):757-761
- Hiler, E.A., T.A. Howell, R.B. Lewis and R.P. Boos 1974. Irrigation timing by the stress day index method.

- Hsiao, T.C. 1973. Plant responses to water stress. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 24:519-70
- _____ 1988. Water deficits and crop productivity. UCD/INIFAP Conference. Guadalajara, Jal. E1-E4 p.
- Hunsacker, D.J. and D.A. Bucks 1987. Wheat yield variability in irrigated leves basic. *Trans. of the ASAE* 30(4):1099-1104
- Jones, G.H. 1983. Drought and drought tolerance. In *Plants and Microclimate a Quantitative Approach to Environmental Plant Physiology.* Cambridge University Press. London, Eng. 213-37
- Kramer, P.J. 1969. *Plant and soil water relationships: a modern synthesis.* New York, USA. 482 p.
- Kozlowzki, T.T. 1968. *Water deficits and plant growth.* Academic Press. New York, USA. 1-19
- León, C.I. 1981. Evaluación de modelos de producción para el cultivo del maíz en función del régimen hídrico en diferentes etapas fenológicas. Tesis Maestría. UAAAN. Saltillo, Coah. 86 p.
- Levitt, J. 1972. *Responses of plants to environmental stresses.* Academic Press. New York, USA. 697 p.
- López, R.M.T. 1985. Variación de algunos parámetros agronómicos, osmóticos y de elasticidad en una colección de materiales de chile ancho. Tesis Profesional. UAAAN. Saltillo, Coah. 90 p.
- Lorber, M. and D. Haith 1981. A corn yield model for operational planning and management. *Trans. of the ASAE.* 4:1520-25
- Marinato, M.R. 1979. Respuestas del cultivo de trigo a variaciones de la humedad en el suelo en diferentes etapas de crecimiento. *Agrociencia.* CP. Chapingo, México. 38:3-16
- Milthorpe, F.L. and J. Moorby 1979. *An introduction to crop physiology.* Cambridge University Press. London, Eng. 241 p.
- Morgan, J.M. 1980. Possible role of abscisic acid in reducing seed set in water stressed wheat plants. *Nature* 285:655-57
- _____ 1983. Demoregulation as a selection

- Muñoz, O.A. 1980. Resistencia a sequía y mejoramiento genético. Ciencia y Desarrollo. CONACYT. México, DF.33(7):26-35.
- O'Toole, J.C. and J.L. Hatfield 1983. Effect of wind on the crop water stress index derived by infrared thermometry. Agr. J. 75:811-17
- Palacios, V.E. 1978. Respuesta en el rendimiento de los cultivos a diferentes niveles de humedad del suelo. C.P.Chapingo, Méx. 149 p.
- Pearcy, W.R. 1983. Physiological consequences of cellular water deficits: nonstomatal inhibition of photosynthesis by water stress. In Limitations to Efficient Water Use in Crop Production. Madison, Wi. USA. 277-87
- Raddin, W.J. 1983. Physiological consequences of cellular water deficits: osmotic adjustment. In limitations to Efficient Water Use in Crop Production. Madison, Wi. USA. 267-76
- Rajaram, S. and W.L. Nelson 1985. Wheat production systems in arid and semiarid regions. Workshop CYMMIT. CIMMYT. El Batán, Mex. 305-324
- Ramírez, H.M. 1988. Modelos de producción para trigo en función de la evapotranspiración en tres etapas fenológicas. Tesis M.C. UAAAN. Saltillo, Coah.
- Rasmussen, V.P. and R.J. Hanks 1978. Spring wheat yield model for limited moisture conditions. Agr. J. 70:940-44
- Rodríguez, R. 1988. Apuntes del curso de RASFA. UAAAN. Colegio de Graduados. (sin publicar).
- Ruiz, V.J. 1985. Metodología para la investigación en los efectos de la sequía sobre el crecimiento y rendimiento de los cultivos. I. Reunión Nacional de Agroclimatología. UNAM. México, D.F. 52-57 p.
- Salter, R.O. and J.E. Goode 1967. Crop responses to water deficits at different stages of growth. England Commonwealth Agricultural Bureau. 246 p.
- Salisbury, F.B. and C.W. Ross 1978. Plant physiology. Wadsworth Pub. Co. Inc. Belmont, USA. 490 p.

- Sandoval, O.J. 1983. El régimen de la humedad en el suelo y su efecto sobre componentes del rendimiento de grano del trigo. Tesis Maestría. C.P. Chapingo, Méx. 95 p.
- Saxton, E.K. and G.C. Bluhm 1982. Regional prediction of crop water stress by soil water budgets and climatic demand. Trans. of the ASAE. 25:105-10
- Shimshi, D., M.L. Mayoral and D. Astmon 1983. Responses to water stress in wheat and related wild species. Crop. Sc. 22:123-28
- Slatyer, R.D. 1967. Plant water relationship. Academic Press New York, USA. 366 p.
- Sojka, R.E., L.H. Stolzy, and R.A. Fischer 1985. Seasonal drought response of selected wheat cultivars. Agr. J. 73:838-845
- Stewart, J.I., R.D. Misra, W.O. Pruitt and R.M. Hagan. 1975. Irrigated corn and grain sorghum with a deficient water supply. Trans. of the ASAE. 3:270-80
- Swaney, D.P., J.W. Jones, W.G. Boges, G.G. Wilkerson and J.W. Mishoe 1983. Real timing irrigation decision analysis using simulation. Transaction of the ASAE. 5:562-68
- Thorne, D.W. y H.B. Peterson 1963. Técnica del riego, fertilidad y Explotación de suelos. CECSA. México, D.F. 495 p.
- Townley, T.F. and E.A. Hurd 1979. Testing and selecting for drought resistance in wheat. In Stress Physiology in Crop Plants. John Wiley and Sons. New York, USA. 447-464
- Turner, C.N. 1979. Drought resistance and adaptation to water stress in crop plants. In Stress Physiology of Crop Plants. John Wiley and Sons 343-372 p.
- _____ 1986. Crop water deficits: a decade of progress. In Advances of Agronomy. Academic Press. New York, USA. 39:1-51
- Vázquez, A.R. 1971. Inducción de resistencia a sequía en trigo. Tesis Profesional. UNL. Monterrey, N.L. 48p
- Volke, H.V. y A. Turrent 1973. Efecto de la sequía sobre el rendimiento de grano y otras características agronómicas del trigo (*Triticum aestivum*), bajo condiciones de invernadero. Agrociencia. CP.

- Williams, T.V., S.R. Snell y J.F. Ellis 1967. Methods of measuring drought tolerancien corn. Crop Sc. 7:179-181
- Wong, R.R. 1983. Efecto de la sequía sobre características vegetativas reproductivas y de eficiencia de variedades de sorgo. Tesis MC. CP. Chapingo, Méx. 168 p.
- World Meteorological Organization, (WMO) 1975. Drought and Agriculture .UNW. Technical note 138. Geneva, Swits. 85 p.
- Yaron, D.I., A. Dinar and S. Meyers. 1987. Irrigation scheduling theoretical aproach and aplicatiior problems. Water Resources Management. 1:17-32

APENDICE

CUADRO 1A. Datos climatológicos obtenidos en forma decenal durante el ciclo vegetativo del trigo

Días acum	Decena	Temperatura (°C)			Evap. (mm)	Hum. rel. (%)
		Mín.	Máx.	Media		
10		3.2	16.5	9.8	30.5	-
20		4.8	21	12.4	33.2	-
30		4	19.7	11.8	37.4	-
40		6.2	19.7	12.9	53.2	-
50		2.4	20.3	11.3	61.3	-
60		9.9	23.4	16.7	66.3	-
70		9.9	22.9	16.6	62.5	55.8
80		9	23.8	16.4	74.9	31.5
90		15.1	28.6	21.9	92.8	34.6
100		12.2	27.5	19.9	76.2	44.6
110		12.2	26.2	9.2	74.7	49.6
120		13.3	27	21.2	77.6	62.3

CUADRO 2A. Error estándar de la diferencia de medias para cada uno de los cuatro tipos de comparación del diseño parcelas divididas.

Tipo de comparación por	DMS
Dos medias de parcela principal promediadas sobre todos los trat. de subparcela.	$t(tab) * Sd$
Dos medias de subparcela promediadas sobre todas los trat. de parcela principal	$t(tab) * Sd$
Dos medias de subparcela en el mismo trat. de parcela principal	$t(tab) * Sd$
Dos medias de parcela principal en el mismo trat. de subparcela.	$Tp * Sd$

$$tp = ((b-1) Ebtb + Ea ta) / ((b-1)Eb + Ea)$$

CUADRO 3A. Análisis de varianza de rendimiento de grano (kg/h)

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F
Rep.	2	3840768	1920384	
Factor A	3	42065030	14021680	30.
Error A	6	2744448	457408	
Factor B	4	14068480	3517120	25.
Interac.	12	10459010	871584	6.
Error B	32	4392832	137276	
Total	59	77570560		

CUADRO 4A. Análisis de varianza de producción de materia seca

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F
Rep.	2	3840768	1920384	
Factor A	3	42065030	14021680	30.
Error A	6	2744448	457408	
Factor B	4	14068480	3517120	25.
Interac.	12	10459010	871584	6.
Error B	32	4392832	137276	
Total	59	77570560		

CUADRO 5A. Análisis de varianza de número de tallos cosechado

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F
Rep.	2	2970880	1485440	
Factor A	3	81433220	27144410	42.2
Error A	6	3853056	642176	
Factor B	4	22936580	5734144	26.1
Interac.	12	14670460	1222539	5.5
Error B	32	7023563	219486	
Total	59	1.3E+08		

CUADRO 6A. Análisis de varianza de longitud de espigas (cm)

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.
Rep.	2	10.02	5.01025
Factor A	4	71.49	17.87232
Error A	8	10.71	1.33771
Factor B	4	10.74	2.68506
Interac.	16	6.87	0.42926
Error B	40	12.12	0.3
Total	74	121.94	

CUADRO 7A. Análisis de varianza de número de granos por es

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.
Rep.	2	0.55	0.27722
Factor A	4	7.95	1.98718
Error A	8	1.24	0.15536
Factor B	4	1.93	0.48187
Interac.	16	2.41	0.15012
Error B	40	5.88	0.15
Total	74	19.96	

CUADRO 8A. Análisis de varianza del peso de 1000 granos (gr)

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.
Rep.	2	92.85	46.4258
Factor A	4	300.21	75.0527
Error A	8	97.81	12.2266
Factor B	4	847.19	211.7969
Interac.	16	147.44	9.2148
Error B	40	505.97	12.6492
Total	74	1991.47	

CUADRO 9A. Análisis de varianza del índice de susceptibilidad sequía (grano).

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F
Rep.	2	0.40	0.19828	
Factor A	3	4.02	1.34114	18.
Error A	6	0.43	0.07166	
Factor B	4	0.71	0.17709	18.
Interac.	12	0.72	0.05962	6.
Error B	32	0.30	0.01	
Total	59	6.57		

CUADRO 10A. Análisis de varianza del índice de susceptibilidad sequía (materia seca).

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F
Rep.	2	0.34	0.1684	
Factor A	3	4.78	1.5930	25.
Error A	6	0.38	0.0627	
Factor B	4	0.75	0.1872	24.
Interac.	12	0.74	0.0614	7.
Error B	32	0.25	0.0077	
Total	59	7.22		

CUADRO 11A. Análisis de varianza del factor de susceptibilidad sequía (grano).

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F
Rep.	2	0.07	0.0349	
Factor A	3	1.36	0.4537	45.0
Error A	6	0.06	0.0101	
Factor B	4	0.31	0.0773	19.2
Interac.	12	0.3	0.0251	6.2
Error B	32	0.13	0.0041	
Total	59	2.23		

CUADRO 12A. Análisis de varianza del factor de susceptibilidad sequía (materia seca)

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F
Rep.	2	0.05	0.0264	
Factor A	3	1.54	0.5137	38.
Error A	6	0.08	0.0132	
Factor B	4	0.27	0.0677	13.
Interac.	12	0.24	0.0202	3.
Error B	32	0.16	0.0051	

CUADRO 13A. Número de días con déficit por tratamiento y estudio.

Nivel de A	Nivel de B	Rend. (ton/ha)	No. de días por etapa		
			Veg.	Flor.	Madur
Vegetat.	Temporalera	4.17	41	9	0
	Gálvez	2.67	42	8	0
	México	3.07	30	15	0
	Salamanca	3.13	40	10	0
	Pavón	3.02	41	8	0
Florac.	Temporalera	3.67	6	27	0
	Gálvez	2.27	8	22	5
	México	3.52	8	20	10
	Salamanca	4.03	7	28	0
	Pavón	4.16	8	30	0
Madurez	Temporalera	4.95	11	9	19
	Gálvez	4.15	10	14	17
	México	3.63	8	4	16
	Salamanca	4.36	9	12	16
	Pavón	5.26	9	7	15
Total	Temporalera	3.17	40	20	17
	Gálvez	1.83	35	15	12
	México	2.11	33	17	20
	Salamanca	1.94	37	12	15
	Pavón	2.34	40	17	16

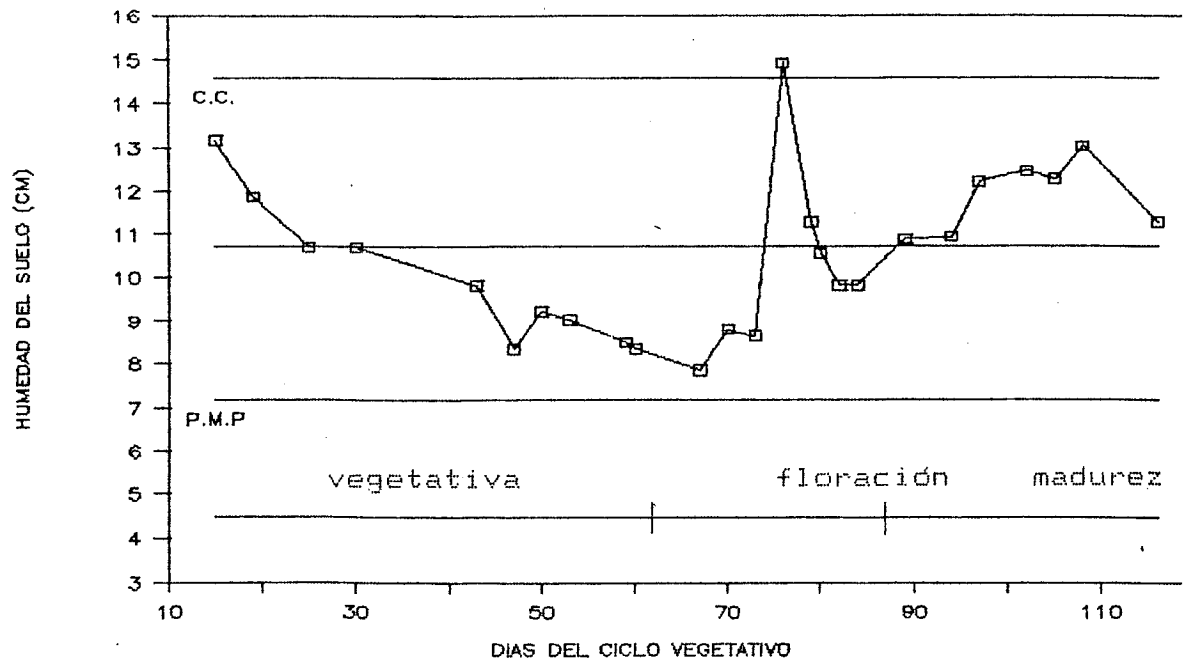


FIGURA 1A. Humedad del suelo durante el ciclo vegetativo, e el tratamiento deficit en la etapa vegetativa variedad Temporalera.

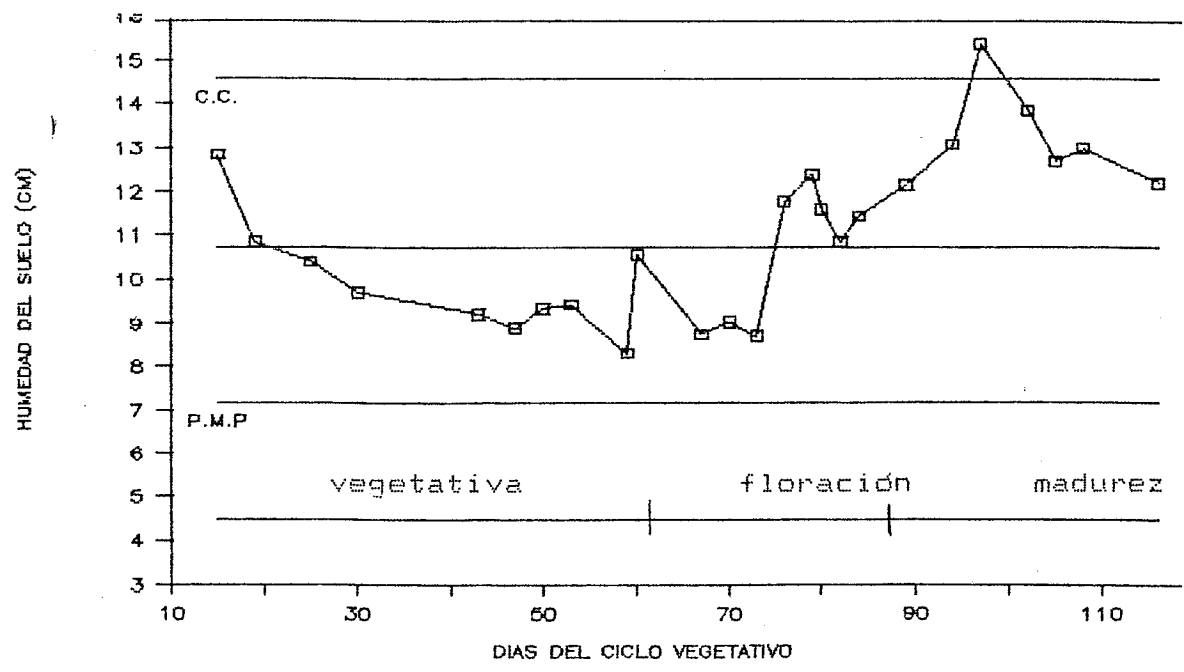


FIGURA 2A. Humedad del suelo durante el ciclo vegetativo, e el tratamiento deficit en la etapa vegetativa variedad Gálvez.

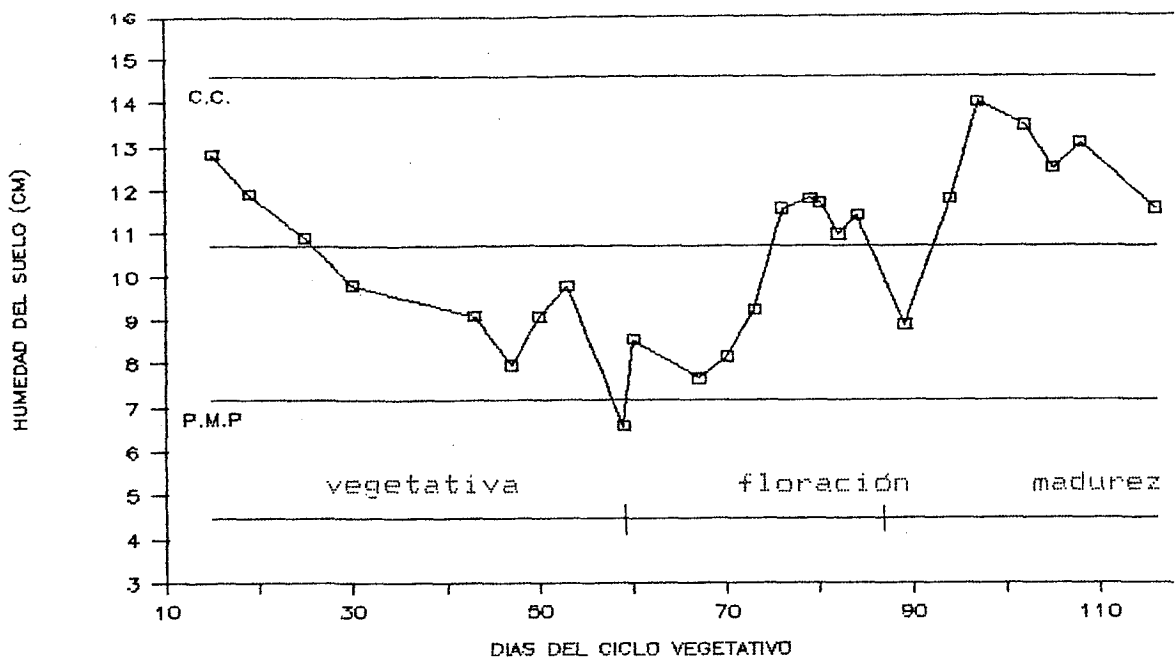


FIGURA 3A. Humedad del suelo durante el ciclo vegetativo, con el tratamiento déficit en la etapa vegetativa, variedad México.

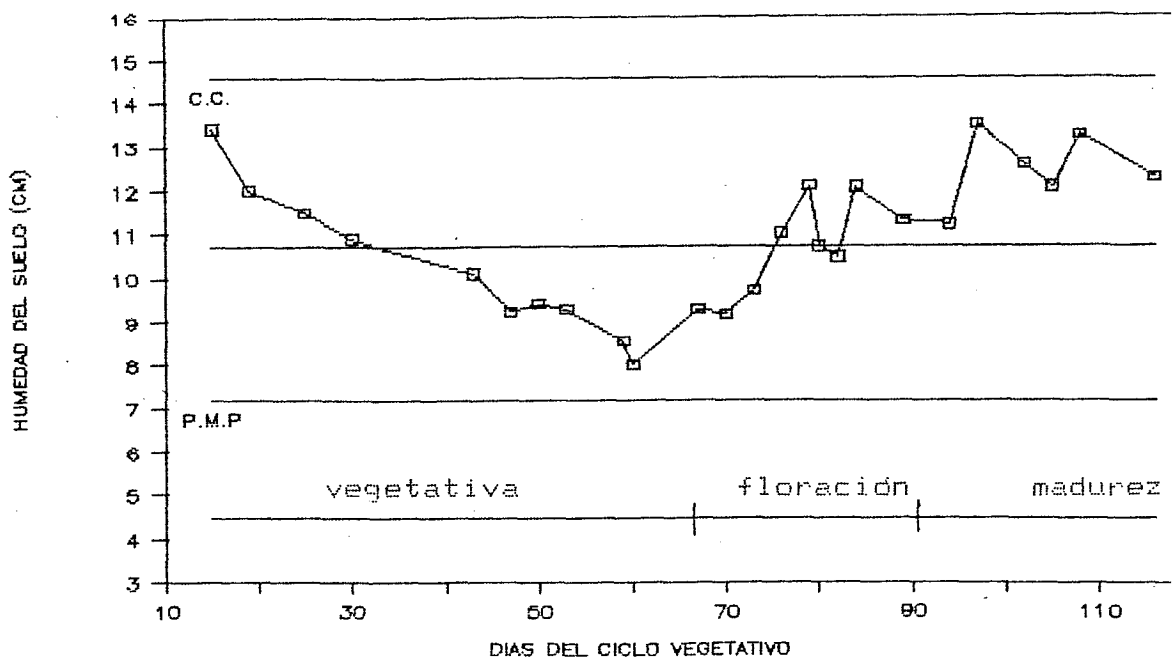


FIGURA 4A. Humedad del suelo durante el ciclo vegetativo, con el tratamiento déficit en la etapa vegetativa, variedad Colima.

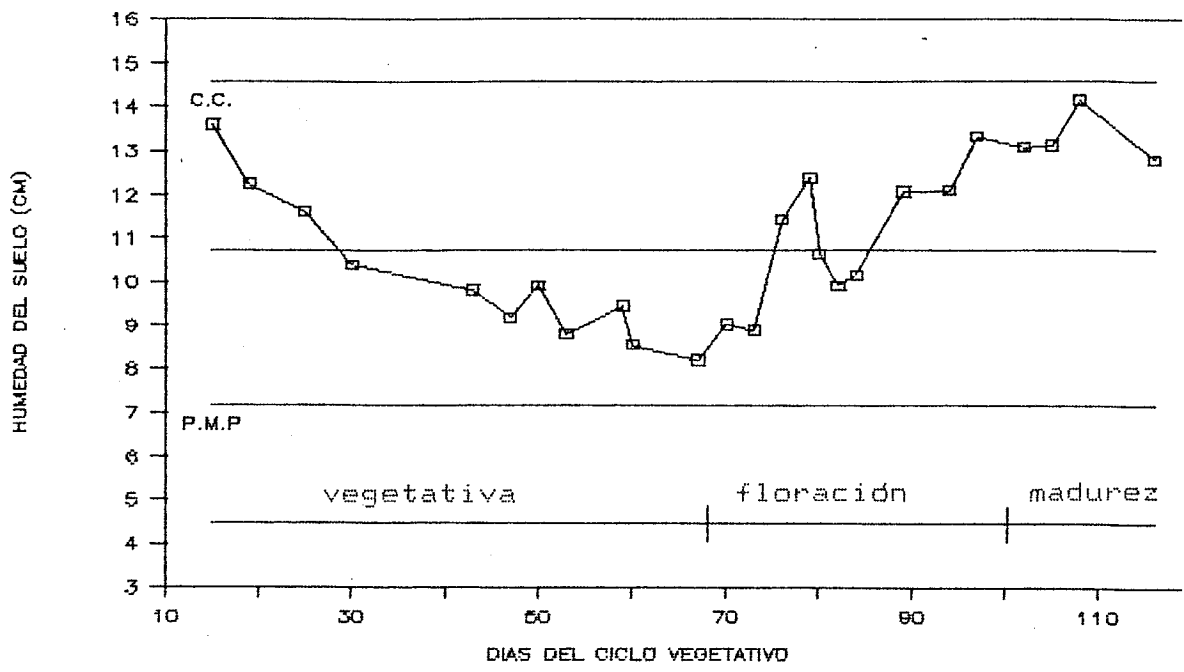


FIGURA 5A. Humedad del suelo durante el ciclo vegetativo, e el tratamiento déficit en la etapa vegetativa variedad Pavón.

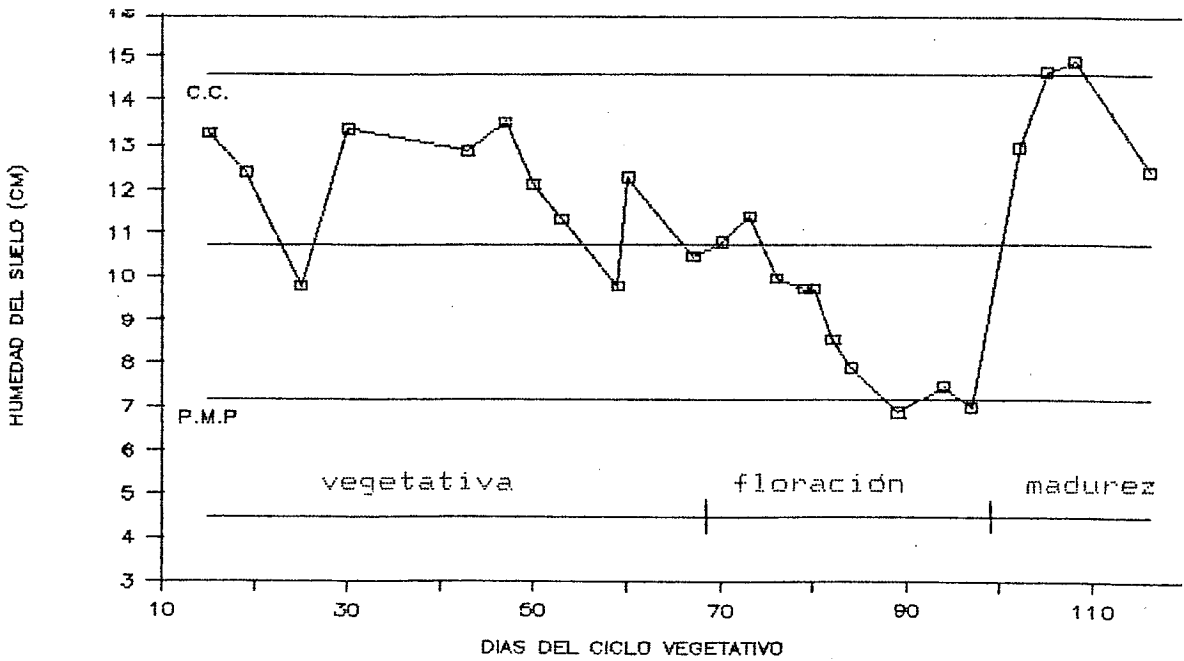


FIGURA 6A. Humedad del suelo durante el ciclo vegetativo. e

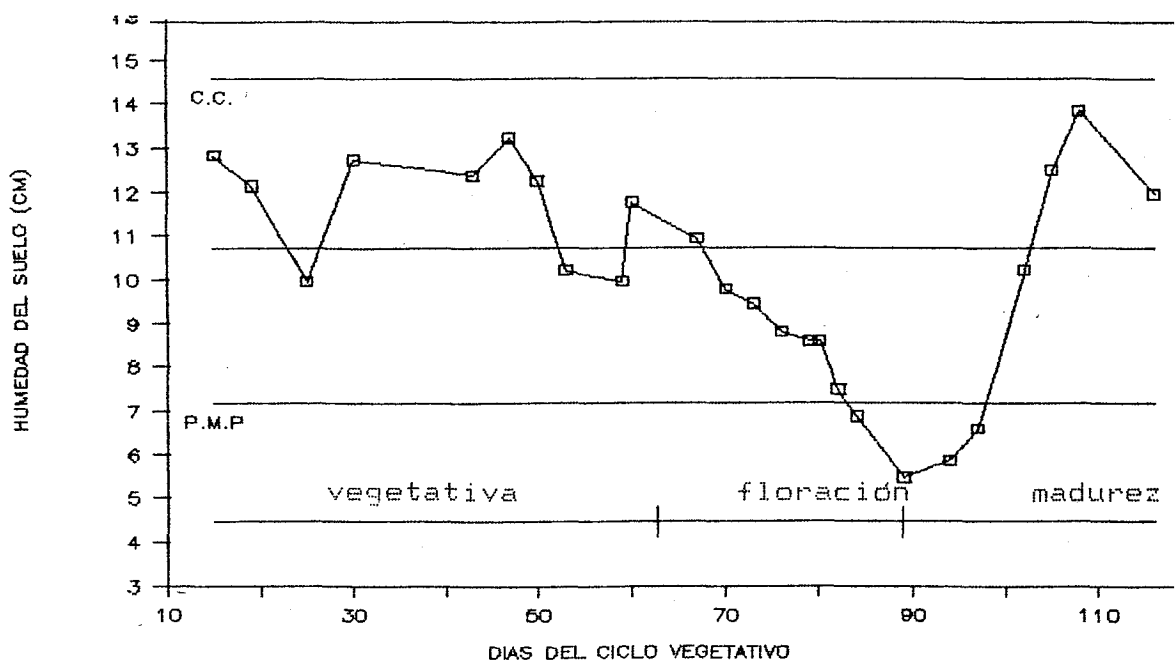


FIGURA 7A. Humedad del suelo durante el ciclo vegetativo, e el tratamiento déficit en la etapa floración variedad Gálvez.

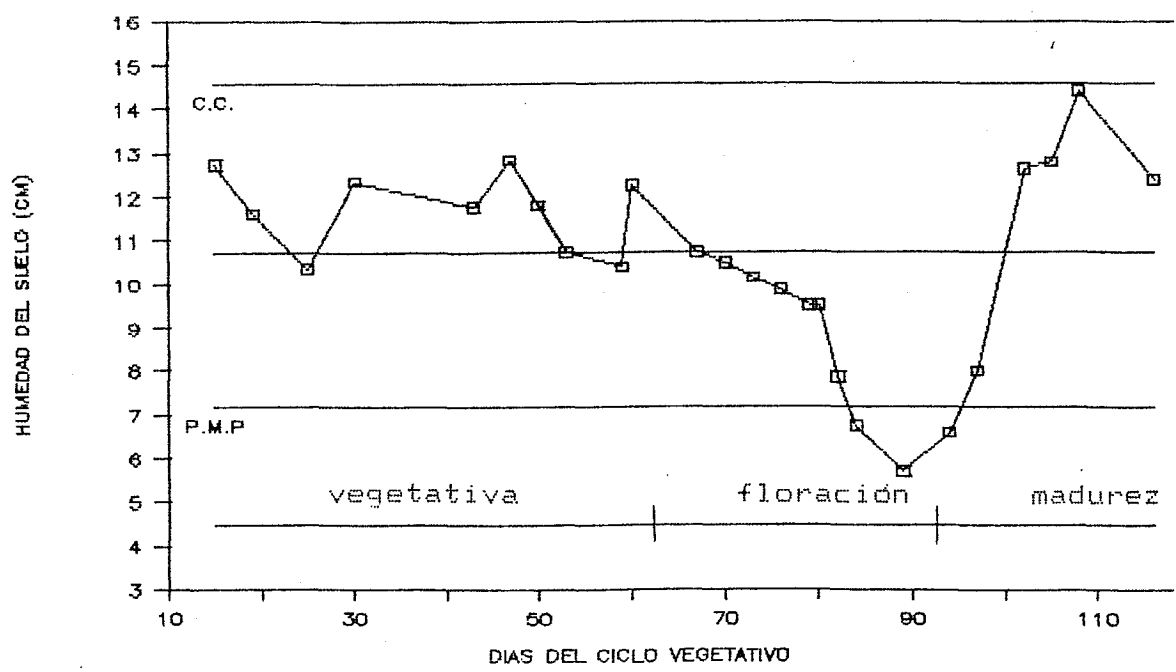


FIGURA 8A. Humedad del suelo durante el ciclo vegetativo, e el tratamiento déficit en la etapa floración variedad Gálvez.

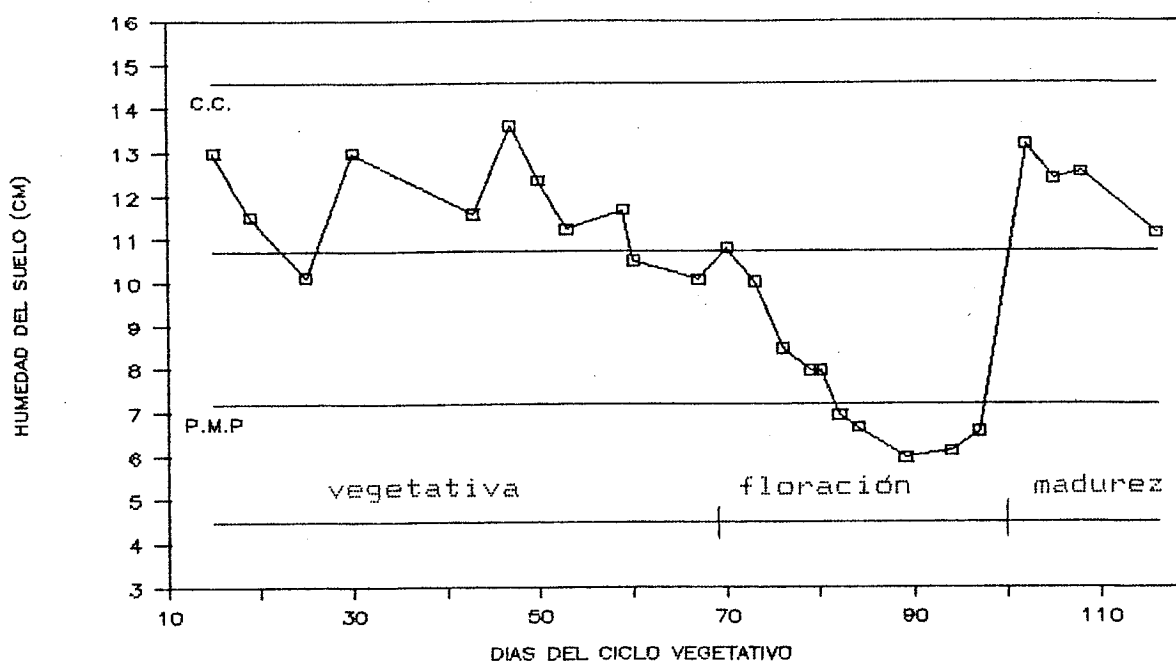


FIGURA 9A. Humedad del suelo durante el ciclo vegetativo, e el tratamiento déficit en la etapa floración variedad Salamanca.

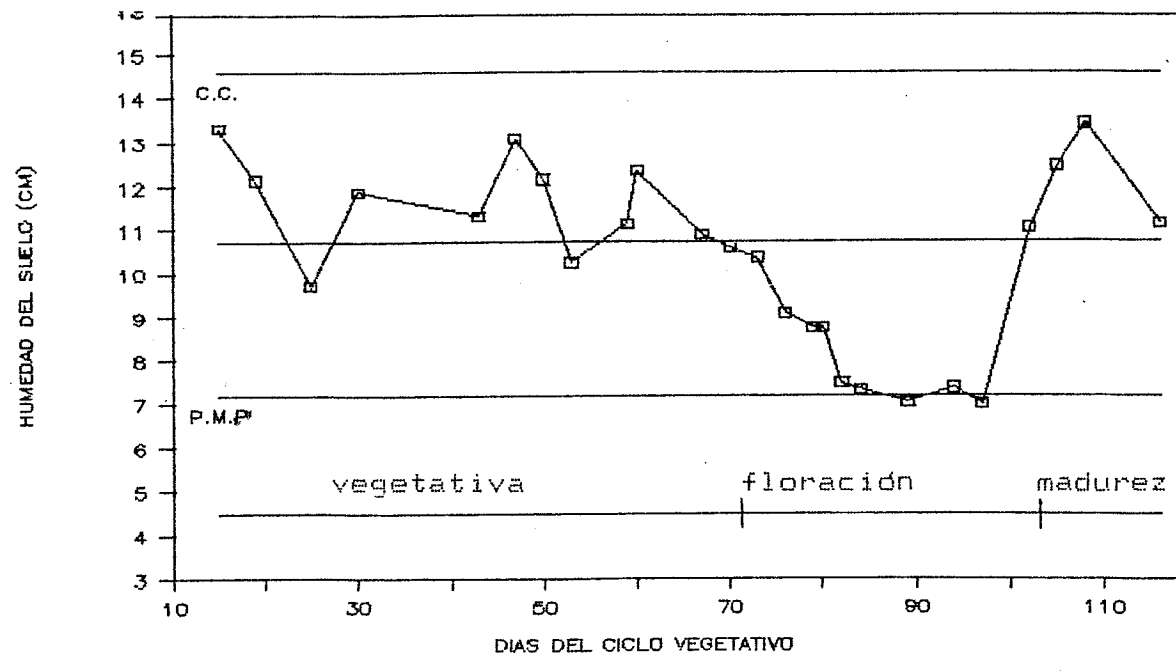


FIGURA 100. Humedad del suelo durante el ciclo vegetativo

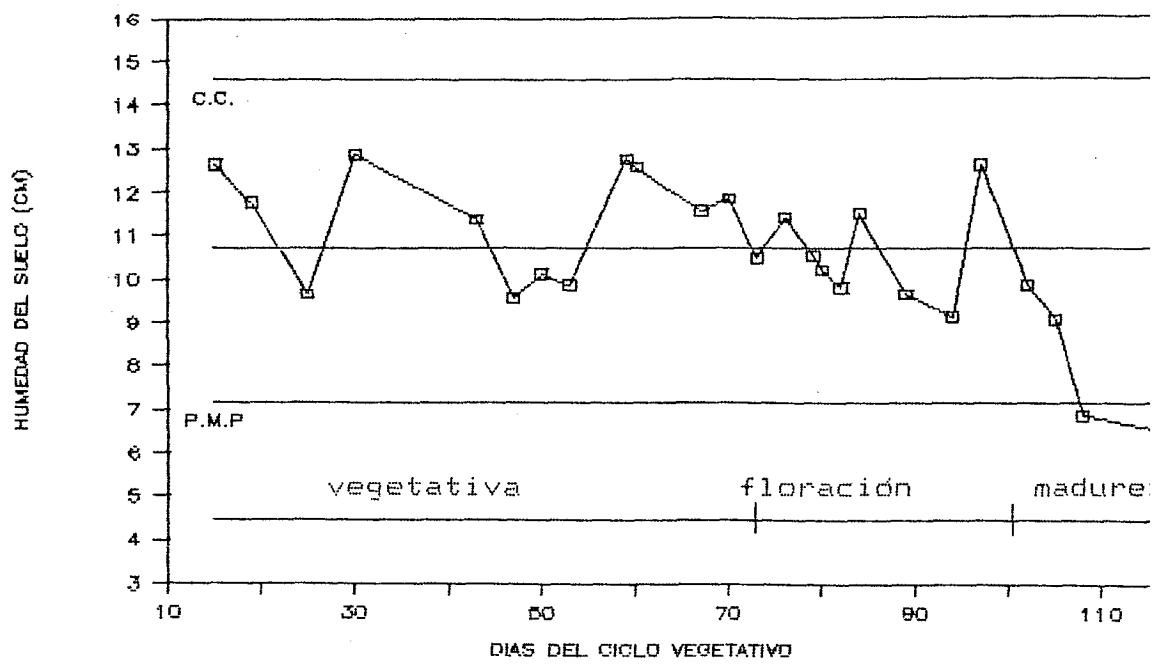


FIGURA 11A. Humedad del suelo durante el ciclo vegetativo en el tratamiento déficit en la etapa de maduro variedad Temporalera.

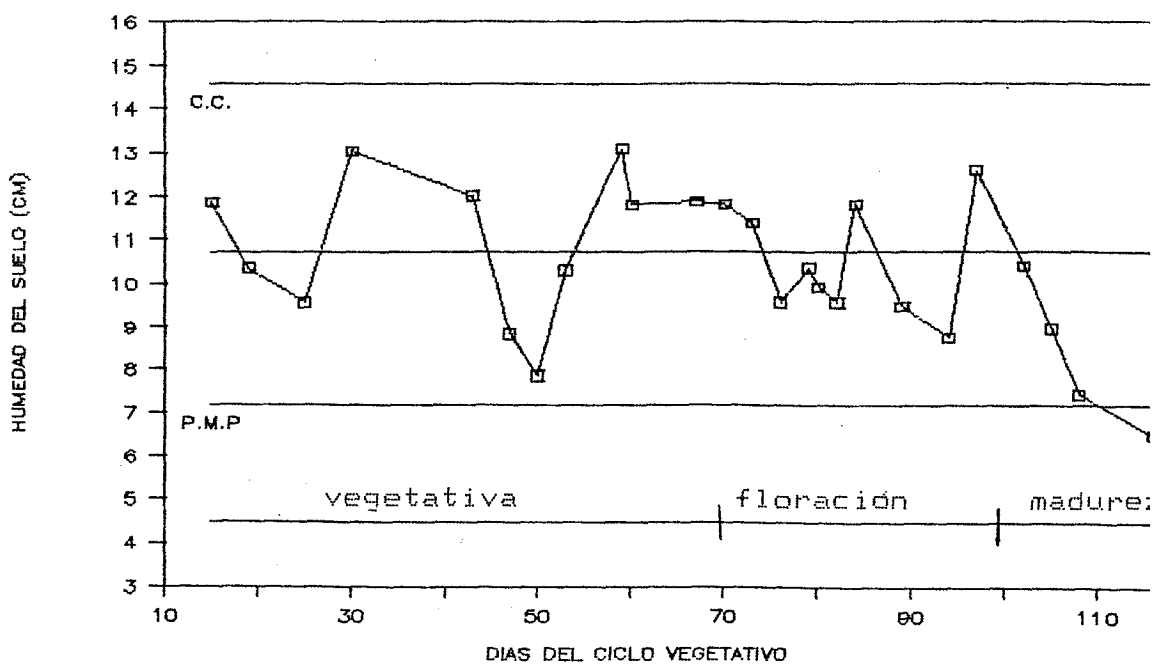


FIGURA 12A. Humedad del suelo durante el ciclo vegetativo en el tratamiento déficit en la etapa de maduro

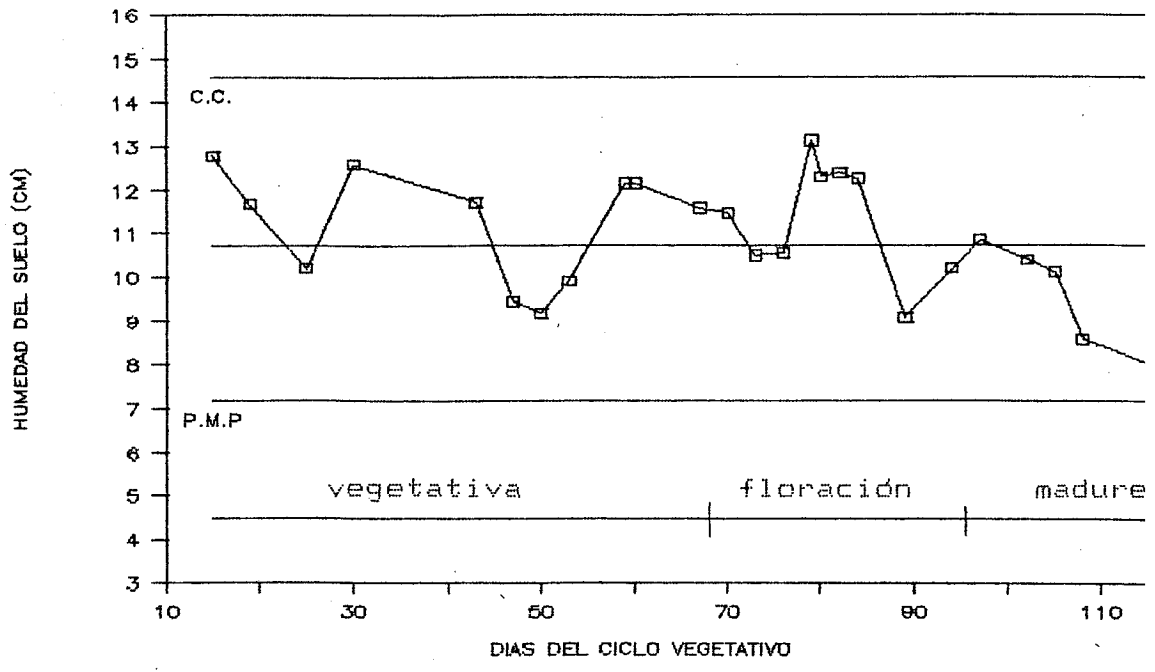
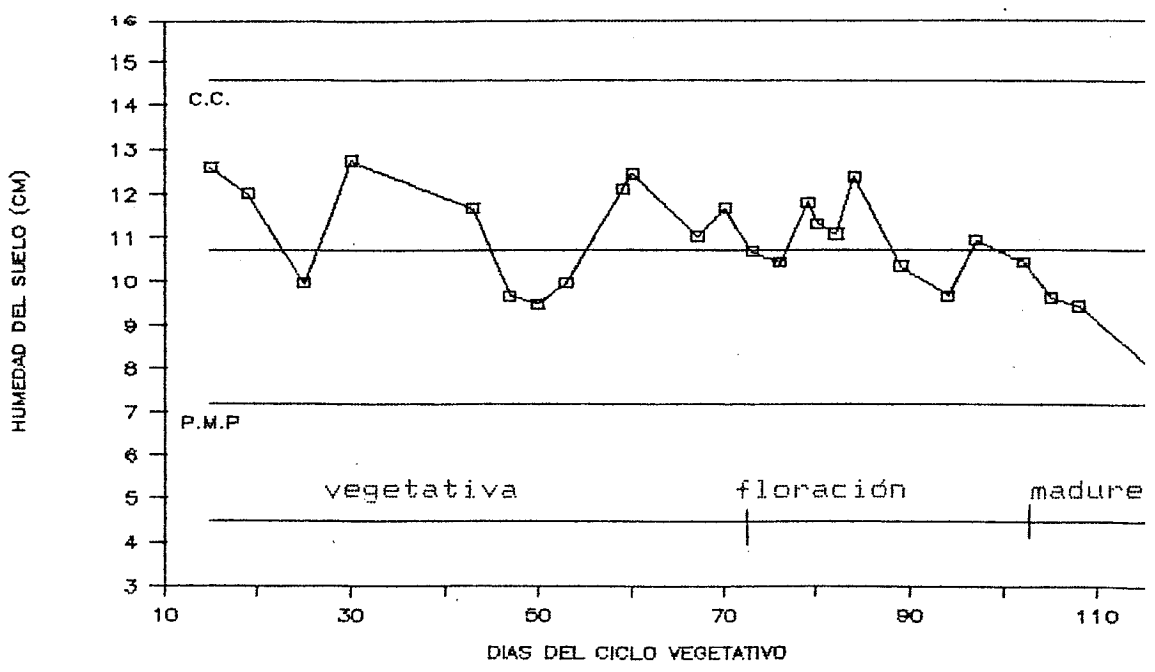


FIGURA 13A. Humedad del suelo durante el ciclo vegetati en el tratamiento déficit en la etapa de madur variedad México.



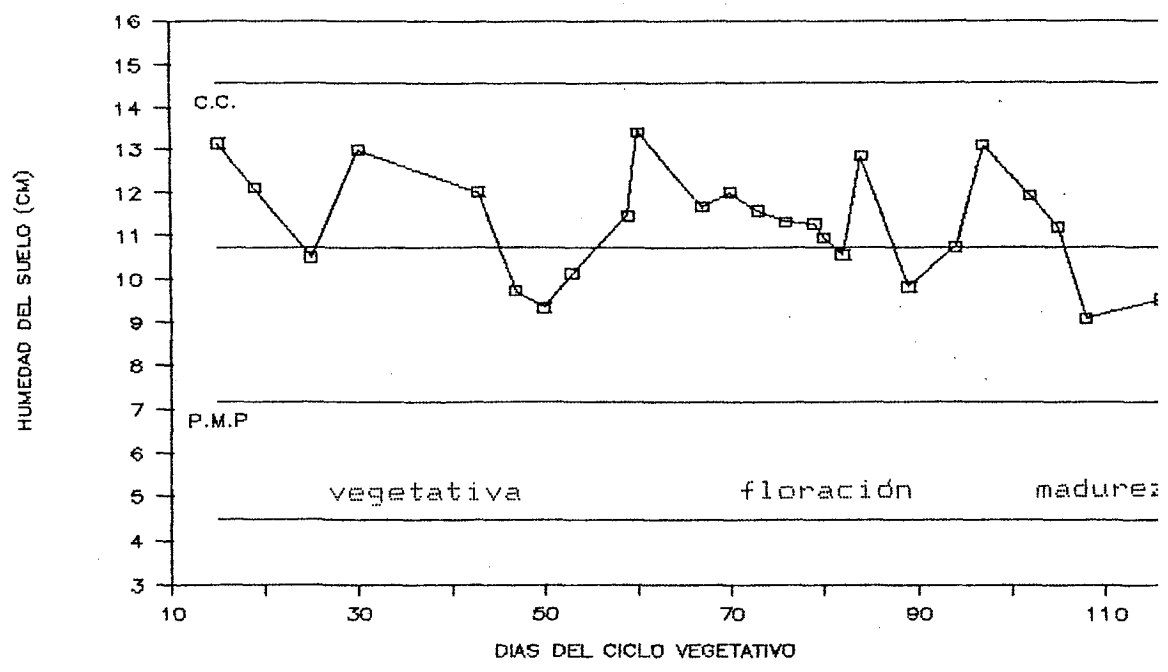


FIGURA 15A. Humedad del suelo durante el ciclo vegetativo en el tratamiento déficit en la etapa de madurez variedad Pavón.

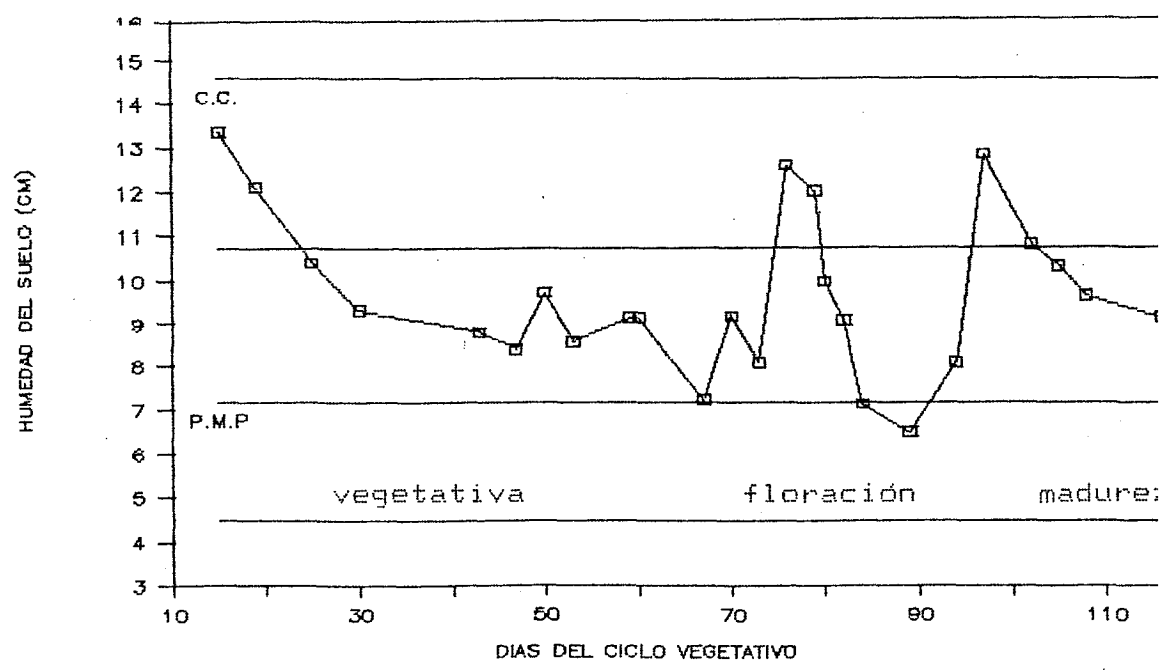


FIGURA 16A. Humedad del suelo durante el ciclo vegetativo en el tratamiento déficit todo el ciclo variedad Pavón.

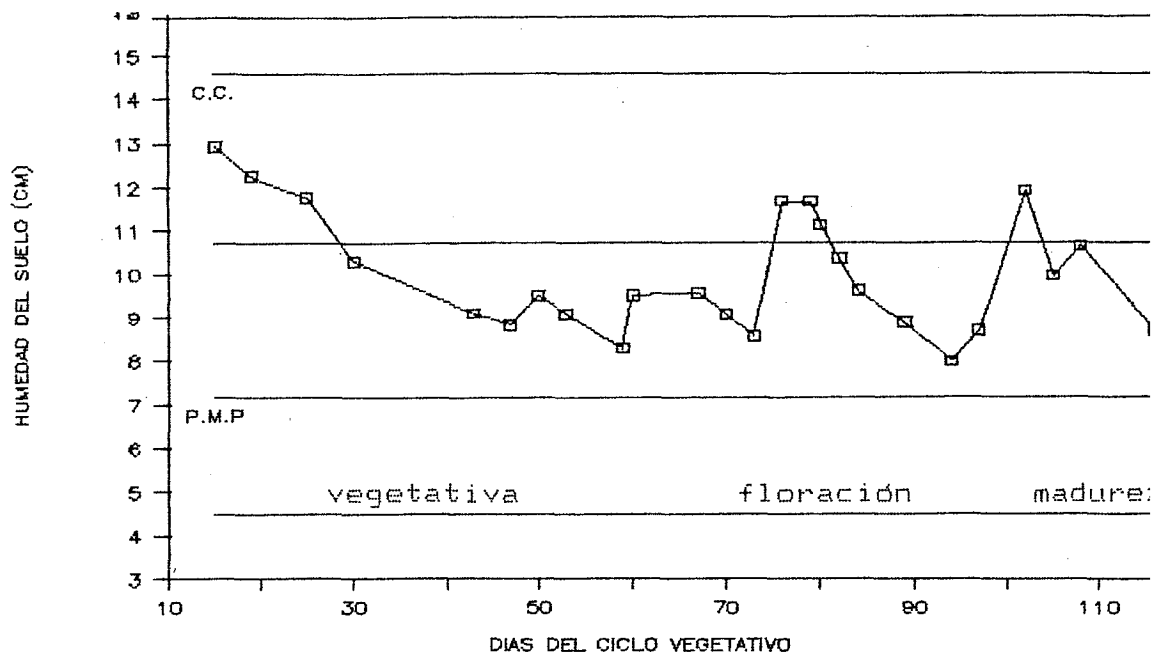


FIGURA 17A. Humedad del suelo durante el ciclo vegetativo en el tratamiento déficit todo el ciclo variedad Gálvez.

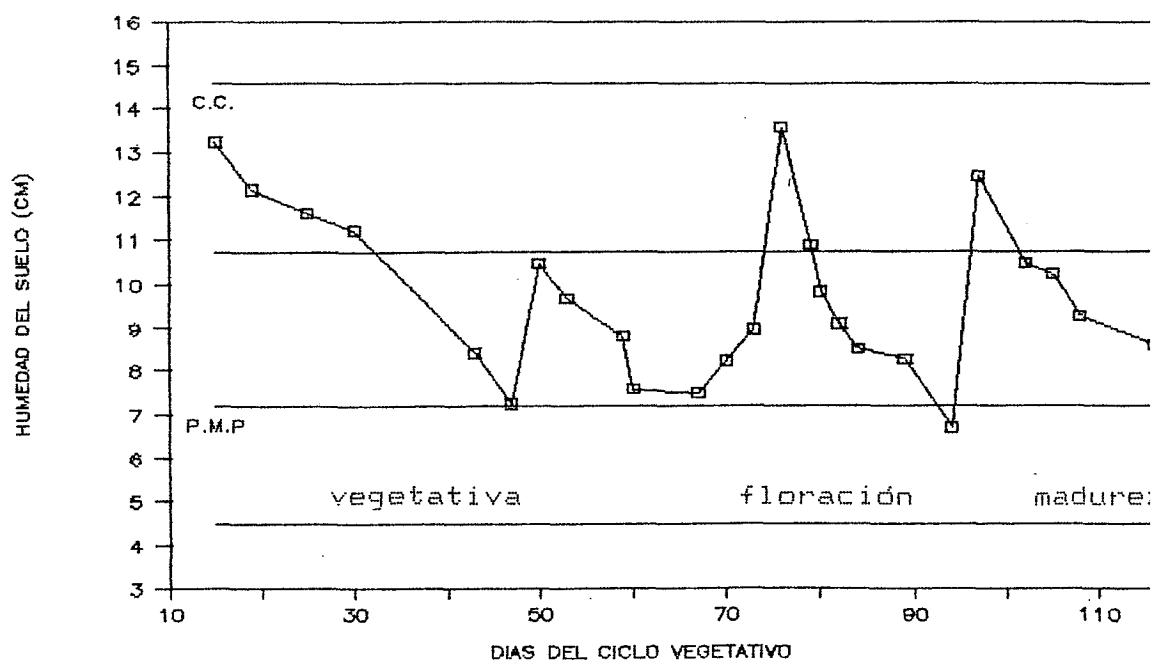


FIGURA 18A. Humedad del suelo durante el ciclo vegetativo en el tratamiento déficit todo el ciclo variedad Maniaco.

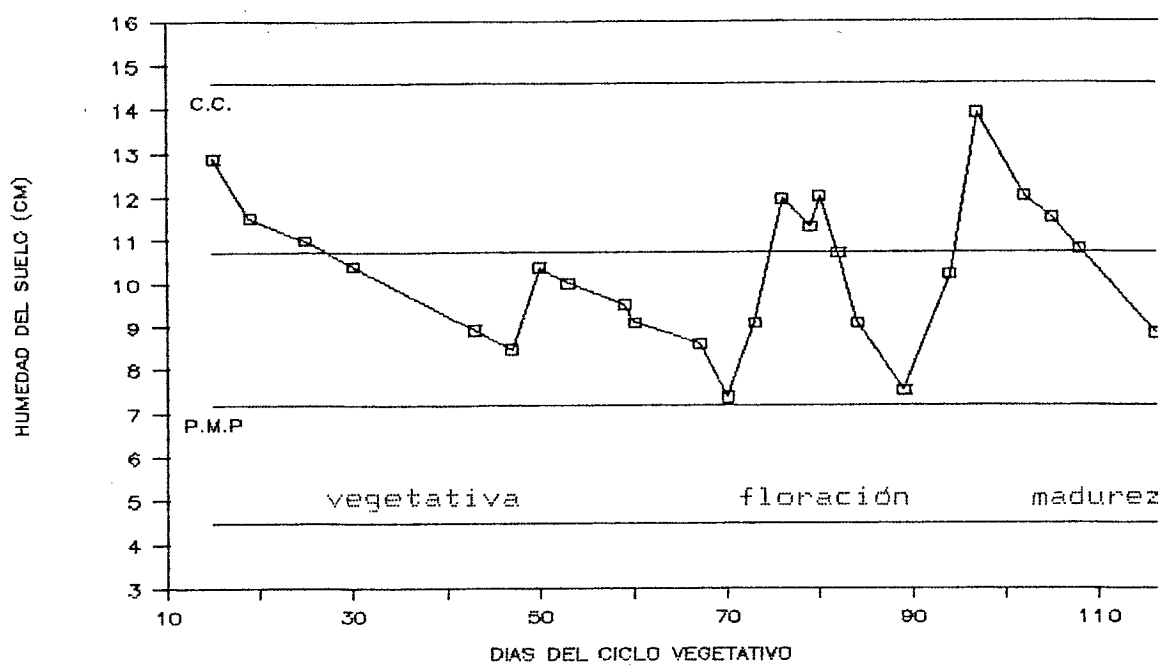


FIGURA 19A. Humedad del suelo durante el ciclo vegetativo en el tratamiento déficit todo el ciclo variedad Salamanca.

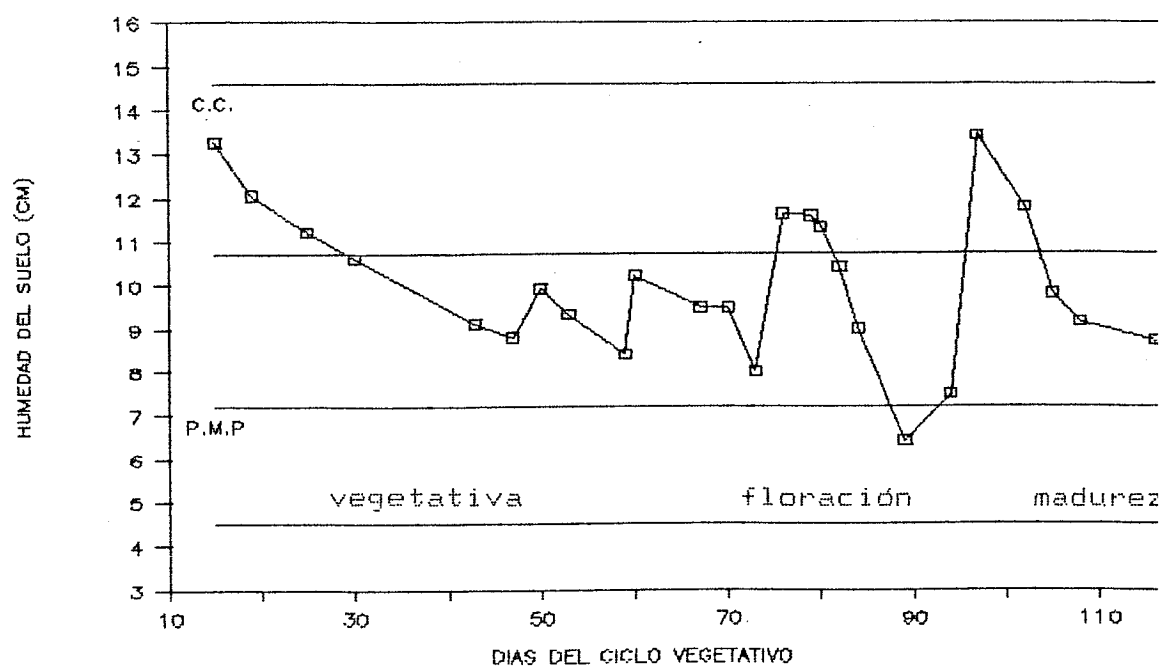


FIGURA 20A. Humedad del suelo durante el ciclo vegetativo en el tratamiento déficit todo el ciclo variedad Pavón.