

COLEGIO DE GRADUADOS  
UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA  
"ANTONIO NARRO"

EFEECTO DE NIVELES DE SEQUIA SOBRE USO DE AGUA Y RENDIMIENTO  
DE MAIZ SUPER-ENANO EN DIFERENTES ETAPAS DE SU CICLO VEGETA  
TIVO.

JUAN JOSE GARCIA PADILLA

T E S I S

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA  
OPTAR AL GRADO ACADEMICO DE

MAESTRO EN CIENCIAS

ESPECIALIDAD EN SUELO Y AGUA

BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA, MEX.

1 9 7 6

COLEGIO DE GRADUADOS  
UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA  
"ANTONIO NARRO"

EFEECTO DE NIVELES DE SEQUIA SOBRE USO DE AGUA Y RENDIMIENTO  
DE MAIZ SUPER-ENANO EN DIFERENTES ETAPAS DE SU CICLO VEGETA  
TIVO.

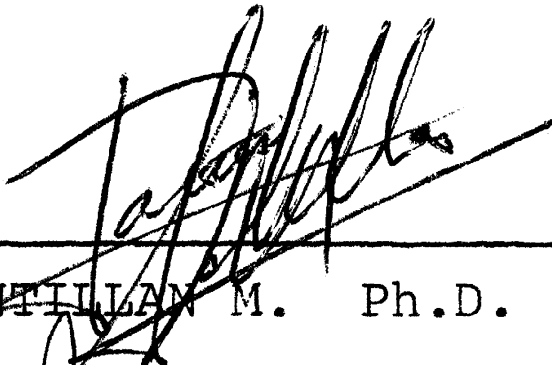
APROBADA POR:

EL COMITE SUPERVISOR DE TESIS



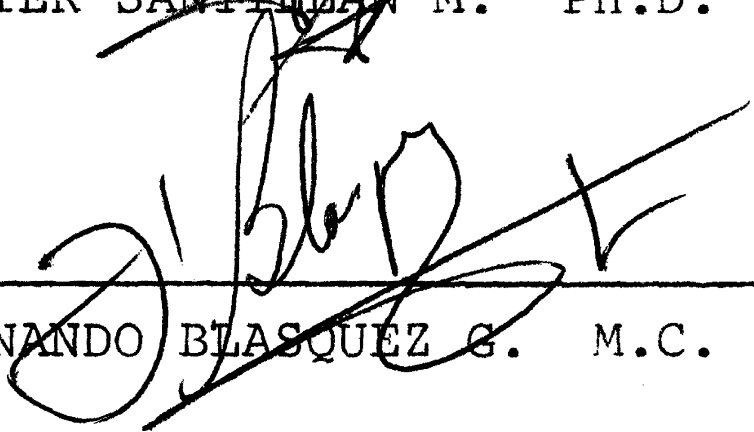
---

SAMPAT A. GAVANDE Ph.D.



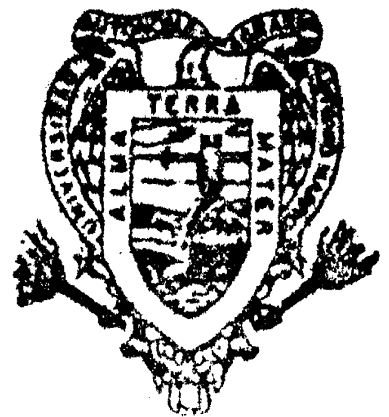
---

JAVIER SANTILLAN M. Ph.D.



---

FERNANDO BLASQUEZ G. M.C.



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

A MI ESPOSA

BERTHA ALICIA

A MIS HIJOS

OMAR ALID Y CLAUDIA YAKABED

A MIS PADRES CON CARINO

Agradezco profundamente al Colegio de Graduados por haber hecho posible mi estancia durante mis estudios, y haberme brindado la oportunidad de superarme.

A MI ASESOR

DR. SAMPAT A. GAVANDE

Con agradecimiento

A MIS CONSEJEROS

DR. JAVIER SANTILLAN M.  
ING. FERNANDO BLASQUEZ G.  
ING. REGINO MORONES R.

I N D I C E

		Página
1	INTRODUCCION. . . . .	1
2	LITERATURA REVISADA . . . . .	4
3	MATERIALES Y METODOS. . . . .	10
3.1.	ANALISIS DEL SUELO. . . . .	10
3.2.	DISEÑO EXPERIMENTAL Y TRATAMIENTOS. . . . .	14
3.3.	INSTALACION DEL EXPERIMENTO . . . . .	15
3.4.	OBSERVACIONES DE INVERNADERO. . . . .	15
4	RESULTADOS Y DISCUSION. . . . .	17
4.1.	ABSORCION DE AGUA . . . . .	19
4.2.	MATERIA SECA. . . . .	24
4.3.	CONTENIDO DE PROTEINA EN FORRAJE Y GRANO. . . . .	26
4.4.	FORRAJE Y GRANO . . . . .	28
5	RESUMEN Y CONCLUSIONES. . . . .	34
6	BIBLIOGRAFIA. . . . .	36
7	APENDICE. . . . .	39

## INDICE DE CUADROS

Cuadro No.		Página
1	Características físicas y químicas del suelo estudiado. . . . .	11
2	Tratamientos de humedad y etapas de desarrollo, así como la cantidad de agua aplicada. . . . .	17
3	Rendimiento medio de forraje, grano y materia seca. . . . .	22
4	Eficiencia en uso de agua para materia seca. . . . .	23
5	Resultados de análisis para la determinación de proteína en forraje y grano. . . . .	27

## INDICE DE FIGURAS

Figura No.		Página
1	Curva de retención de agua en el suelo.	12
2	Curva de calibración de bloques de resistencia para un suelo migajón arcillo arenoso. . . . .	13
3	Agua aplicada en litros por maceta para cada etapa de desarrollo y para los diferentes niveles de humedad. . . . .	18
4	Temperaturas diarias máximas y mínimas -- dentro del invernadero. . . . .	20
5	Uso de agua por día para desarrollo correspondiente a crecimiento antes y después de aplicar los tratamientos. . . . .	21
6	Rendimiento en materia seca para las cuatro etapas de desarrollo y para los diferentes niveles de humedad. . . . .	25
7	Rendimiento de forraje para las cuatro etapas y para los diferentes niveles de -- humedad. . . . .	29
8	Rendimiento en forraje para tres niveles de humedad y cuatro etapas de desarrollo con tres esfuerzos de humedad del suelo.	30
9	Rendimiento en grano para las cuatro etapas de desarrollo y para los diferentes -- niveles de humedad. . . . .	31
10	Rendimiento en grano para tres niveles de humedad y tres etapas de desarrollo. . . . .	32

## INDICE DEL APENDICE

	Página
Cuadro 1 A. Etapas fenológicas de las plantas de maíz. . . . .	40
Figura 2 A. Distribución de macetas en el inver- nadero. . . . .	41
Anexo 3 A. Forma de llevar a cabo experimentos .	42
Cuadro 4 A. Análisis de varianza para el rendi- - miento de grano . . . . .	43
Cuadro 5 A. Análisis de varianza para rendimien- to de forraje . . . . .	43
Anexos 6 A. Pruebas de Duncan para forraje y gra- no. . . . .	44



## 1. INTRODUCCION

La investigación agronómica necesita cada día con mayor urgencia de los instrumentos teóricos que le permitan comprender en forma global el proceso de producción de los cultivos. El conocimiento de las diferentes etapas del proceso productivo y de los factores que gobiernan cada una de ellas, dentro de un esquema cuantitativo, permitirá a la Agronomía abordar racionalmente los problemas que en complejidad creciente, representa su objeto de estudio.

La falta de alimentos amenaza al mundo hoy día en proporciones no conocidas antes en la Historia. A partir de 1900 la población mundial se ha duplicado. Con el régimen de aumento actual, ésta población volverá a duplicarse en solo 33 años más, lo que obliga a que la producción de alimentos aumente en mayor proporción que la población, de lo contrario, dicen los expertos, dos terceras partes de los habitantes de nuestro planeta podrán encontrarse al borde de la inanición antes del año 2000.

Aunado a esto y debido a que el suministro de agua disminuye, el uso de agua en la producción de alimentos llega a ser más imperativo. El mayor uso de nuestra merma de suministro de agua en la producción de alimentos es en la irrigación de cultivos. De este modo se comprende que el óptimo uso del agua en la producción de los cultivos es necesaria.

Las relaciones entre la producción bajo sequía, con las diferentes técnicas de selección para resistencia a sequía y con los aspectos fisiológicos, aún no están claras. Esto da como

consecuencia el que no se tenga definida una metodología para mejorar la producción temporalera, de acuerdo con las condiciones de variabilidad ambiental en temporal.

En el mundo alrededor de las tres cuartas partes del area cultivada no cuenta con riego. Nuestro país bien podría considerarse una muestra representativa de ésta situación mundial, debido a que mas del 52% del territorio mexicano está clasificado como árido y semiárido, en estas zonas uno de los factores limitantes para la expansión de la Agricultura es el adecuado manejo del suelo y agua, por lo que se requiere una utilización eficiente de la escasa agua disponible en estas areas.

Una batalla prometedora contra la falta de alimentos se inició en el campo experimental de Roque, Gto. en el verano de 1968, al obtenerse un híbrido de maíz de altura reducida hojas erectas, espiga chica y acortamiento en los entrenudos inferiores, características que tienden a mejorar la eficiencia fotosintética de las plantas, permitiendo lograr rendimientos en mazorca hasta de 19.9 ton/ha. con una densidad de población de 130,000 plantas - por hectárea (3).

Ahora bien, lo anterior puede suceder en regiones de temporal o bajo condiciones de riego en donde al cultivo no le falte agua en el crecimiento y desarrollo y bajo una técnica agrícola avanzada, pero que sucederá en las regiones en donde la precipitación es escasa y donde los campesinos tienen un bajo nivel agrícola y su subsistencia depende básicamente de la producción

de maíz y frijol.

Dado que la República Mexicana posee recursos limitados de tierra y agua, cobra interés estudiar los efectos de correlación entre las variedades de maíz con alto rendimiento y los déficit de humedad en el suelo en que se desarrollan las plantas, se hizo este estudio cuyo objetivo fué:

Estudiar los efectos de sequía sobre el uso de agua, desarrollo, y el rendimiento en maíz super-enano en cuatro etapas de su crecimiento bajo condiciones de invernadero.

## 2. REVISION DE LITERATURA

La influencia de diferentes condiciones de humedad del suelo en etapas específicas del DESARROLLO DEL MAIZ ha sido estudiada por varios investigadores. Miller y Duley (18) en un estudio de invernadero, dividieron el ciclo del maíz en tres períodos de 30 días y midieron el efecto de las deficiencias de humedad durante cada uno de esos períodos. Según sus observaciones, el efecto de las deficiencias de humedad durante el primer tercio del ciclo sobre el desarrollo del maíz no era apreciable, pero si era de alcance el efecto de las deficiencias durante el último tercio.

Cordner (6) en Oklahoma, investigó el efecto de riegos suplementarios durante diferentes épocas del ciclo sobre el rendimiento de maíz dulce. Encontró que 3 riegos antes del jiloteo tuvieron poco efecto en el rendimiento de maíz en elote, mientras que 4 riegos después del jiloteo lo incrementaron de 11.1 hasta 14.0 ton/ha.

Robins y Domingo (22) en Washington, estudiaron los efectos de las deficiencias severas de humedad durante estados específicos de crecimiento en relación con los rendimientos del maíz, reportaron que cuando las plantas se marchitaron de 6 a 8 días durante el espigamiento, los rendimientos de grano se redujeron desde 8.6 hasta 5.0 ton/ha.

Howe y Rhoades (15) investigaron en Nebraska las prácticas de riego para maíz en relación con su estado de desarrollo. Es-

tudiaron la reacción del maíz a 3 riegos, distribuída de tres maneras diferentes. En un caso los tres riegos se aplicaron antes del espigamiento total, en el segundo los riegos se espaciaron uniformemente a través del ciclo, y en el tercero se aplicaron dentro de un período de 17 días precisamente antes del jiloteo. Los rendimientos obtenidos fueron respectivamente de 7.4, 8.6 y 9.1 ton/ha.

Hernández y Laird (13) indican que el cultivo del maíz es más exigente de humedad durante el período de espigamiento que en la primera parte de su ciclo. Así mismo, el maíz fertilizado resultó ser más sensible a las deficiencias de humedad que el no fertilizado.

Denmead y Shaw (8) en sus trabajos realizados con maíz, sometidos a 2-3 ciclos de humedad seguidos de sequía, con aproximadamente siete días de duración cada etapa de déficit, encontraron un 25% de reducción vegetativa medida por la reducción del área foliar, mientras que cuando el déficit de humedad coincidió con la etapa previa a la amergencia de los estigmas, se registró una disminución en el rendimiento de grano del 25%, cuando el déficit se manifestó después de esta etapa. La mayor sensibilidad coincide con la fase embriónica.

El efecto de las deficiencias de humedad sobre el RENDIMIENTO del maíz ha sido apreciado en forma indirecta y directa por varios investigadores.

En áreas de menos de 500 mm. de precipitación anual, los cul

tivos de estos suelos son frecuentemente sujetos a tensión por falta de humedad en algunos períodos de la estación de crecimiento lo que ocasionan que los rendimientos sean por abajo del potencial genético del cultivo (17).

Denmead y Shaw (7) encontraron disminución en la producción de materia seca a altos rangos de transpiración potencial (6-7 mm. por día) cuando el promedio de tensión de humedad del suelo fue mayor que un tercio de bar o aproximadamente a capacidad de campo.

Singleton y otros (24) obtuvieron rendimientos de maíz de 6.7 ton/ha. regando durante todo el ciclo del cultivo, al lograr se en el suelo una tensión de humedad de 9.0 atmósferas, en cambio el rendimiento fue de 8.25 ton/ha. manteniendo ese mismo nivel de humedad en todo el ciclo excepto en el período de espigamiento y jiloteo en que la tensión de humedad del suelo se mantuvo a un nivel inferior de 0.4 atmósferas.

Claassen y Shaw (5) estudiaron bajo riego controlado, plantas de maíz creciendo en largos recipientes las cuales fueron sujetas a déficit de agua en uno de 9 períodos durante 2 estaciones de crecimiento. Una significativa reducción en la producción de grano (de 12 a 15%) fué observada después de someter a tensión durante el período vegetativo a temprano espigamiento y desarrollo de óvulos en 1960. Una reducción del 53% en la producción de grano fue asociada cuando se sometió a tensión a 75% de jiloteo en 1965. En las 3 semanas después del período de ji

loteo, el déficit de agua redujo conformemente las producciones en ambos años aproximadamente 30%. Una significativa reducción en el número de granos de maíz fue asociada con reducciones de producción para tensiones antes o durante el jiloteo y polinización. El peso del grano de maíz fue reducido significativamente por tensión durante o después del jiloteo.

Los máximos rendimientos en maíz no pueden ser obtenidos hasta no tener definido un sistema de producción en el cual la humedad del suelo no sea un factor limitante. De acuerdo con varios autores (21), el maíz puede tolerar una apreciable tensión de humedad en el suelo con solamente un limitado efecto en el rendimiento de grano, excepto durante el período que comprende desde que se inicia el espigamiento hasta la polinización. En épocas tempranas las tensiones altas reducen el rendimiento de grano solamente cuando ocurren marchitamientos severos.

Otra parte de la investigación se ha encaminado a estudiar la reacción del maíz ante el USO DE AGUA.

Haynes (12) en un estudio sobre maíz en invernadero, se encontró con que en las macetas que se regaban cuando el contenido de humedad del suelo llegaba cerca del porcentaje de marchitamiento permanente se producían 11.8 gr. de materia seca, en tanto que en las que se aplicaba agua para mantener la tensión de la humedad del suelo por debajo de una atmósfera rendían - 24 gr. cuando se mantenía la capa freática a 15 cm. de la superficie, la tensión de la humedad no pasaba de 0.01 atmósferas y

el rendimiento era de 34 gr.

Claassen y Shaw (4) estudiaron el efecto del déficit de agua en maíz, para lo cual hicieron crecer maíz en grandes recipientes sometidos a tensión por cese del riego en 9 diferentes períodos durante la estación. Cada tratamiento consistió en 4 días de tensión, al término de los cuales inmediatamente, la humedad del suelo fué retornada a capacidad de campo y mantenida a un nivel óptimo. El status del agua en las plantas fue estimado en términos de turgencia relativa, humedad del suelo y otros factores ambientales. Las reducciones máximas en la producción total de materia seca del 15 al 17% resultaron de déficit de agua aproximadamente de 3 semanas antes del 75% del jiloteo. Aumentos significantes en el peso del tallo ocurrieron como resultado de la tensión posterior al jiloteo y muy temprana etapa de la espiga.

Carlson et al. (2) encontraron que la evapotranspiración es considerablemente mayor en las áreas irrigadas que en las no irrigadas, y la cantidad de materia seca producida por pulgada de agua usada en la evapotranspiración se incrementó con altas densidades de población.

Kramer (16) manifiesta que el déficit de agua en las plantas puede ser caracterizado directamente por la medida del potencial de agua, pero los niveles del potencial de agua limitativos con el desarrollo de plantas no son conocidos y deben ser determinados para cada especie o cosecha.



Hiler (14) desarrolló el concepto de índice de esfuerzo del período. Este es útil en evaluación de irrigación cuantitativamente y en requerimientos de drenaje.

Slayter (25) menciona que una presión de agua leve o relativamente breve, puede ser compensada por un desarrollo subsecuente bajo condiciones favorables. En esta consideración la etapa de desarrollo de la florescencia parece ser la mas adaptable, aunque esto difiere en algunos cultivos mas que en otros. La anthesis es probablemente la menos adaptable desde que es una etapa importante en el rendimiento de los cultivos.

Por comparación, la presión de agua severa en casi todas las etapas entre la iniciación floral y la maduración, resulta probablemente en un marcado decremento del rendimiento.

Fernández (10) dice que si el contenido de humedad de un suelo se reduce al porcentaje de marchitamiento permanente, el desarrollo de la planta se reduce materialmente. Esta reducción depende del cultivo que se trate y de la época fisiológica en que ocurra.

Los resultados de todos los trabajos citados en general señalan la importancia de mantener un alto porcentaje de humedad en el suelo durante la etapa de espigamiento, fecundación y fase inicial de la formación de grano en el cultivo de maíz.

### 3. MATERIALES Y METODOS

Para la realización de este estudio se emplearon 80 macetas, las cuales se llenaron de suelo seco y tamizado en malla de 1 cm. colocadas en el invernadero, en las cuales se colocaron 4 granos para uniformizarlos a 2 plantas por maceta.

#### 3.1.- ANALISIS DEL SUELO

El análisis mecánico del suelo fue realizado por el Método del Hidrómetro (1).

El porcentaje de materia orgánica se determinó por el Método de Wakely y Black (1).

Fósforo por el Método de Bray Pi (23).

La densidad aparente se determinó por medio del Método Gravimétrico (23).

En el Cuadro 1 se pueden observar las características físicas y químicas del suelo, y en la Fig. 1 se muestra la curva de retención de humedad del suelo empleado en el experimento.

La determinación de las constantes de humedad, capacidad de campo y punto de marchitamiento permanente, se hicieron utilizando la membrana y olla de presión, mismas que sirvieron para la calibración de los bloques de resistencia, empleados en este estudio y cuya gráfica se puede apreciar en la Fig. 2.

Cuadro 1. Características físicas y químicas del suelo utilizado.

Característica	Unidad	Valor
Textura		
Arena	%	57.4
Limo	%	15.2
Arcilla	%	27.4
Clasificación textural: migajón arcilloso arenoso		
Contenido de humedad a:		
0.20 atmósferas	%	32.61
0.40 "	%	28.69
0.68 "	%	25.66
2.04 "	%	22.65
3.06 "	%	21.64
5.10 "	%	21.27
10.20 "	%	19.73
15.03 "	%	19.61
Denisdad aparente	gr/cm <sup>3</sup>	1.30
Reacción	Ph	8.3
Materia orgánica	%	3.9
Fósforo	Kg/ha	19.60
Potacio	Kg/ha	472.5
Carbonatos totales	%	26.13
C.E.	milimhos/cm.	.100

Fig. 1 Curva de retención de agua en el suelo

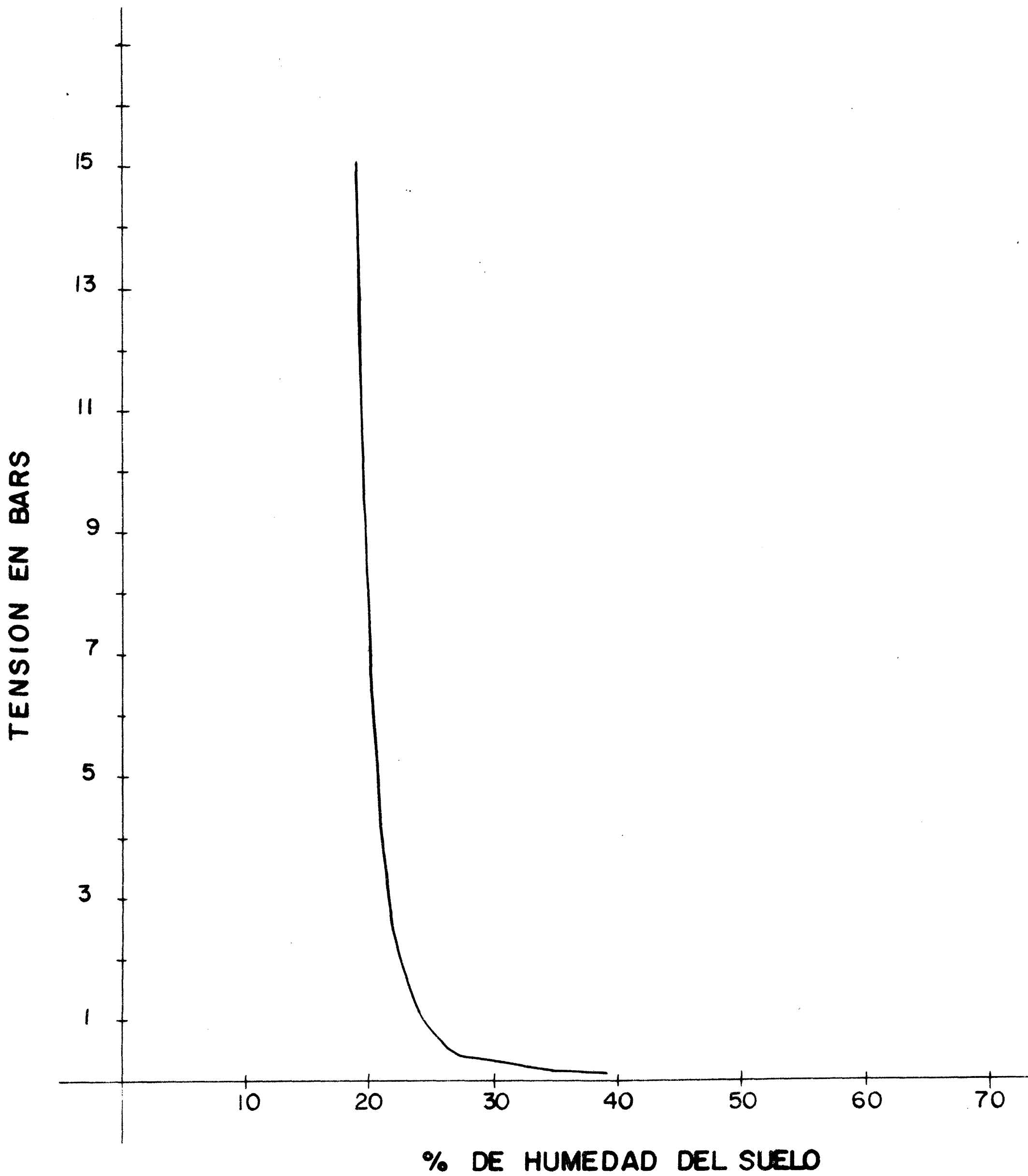
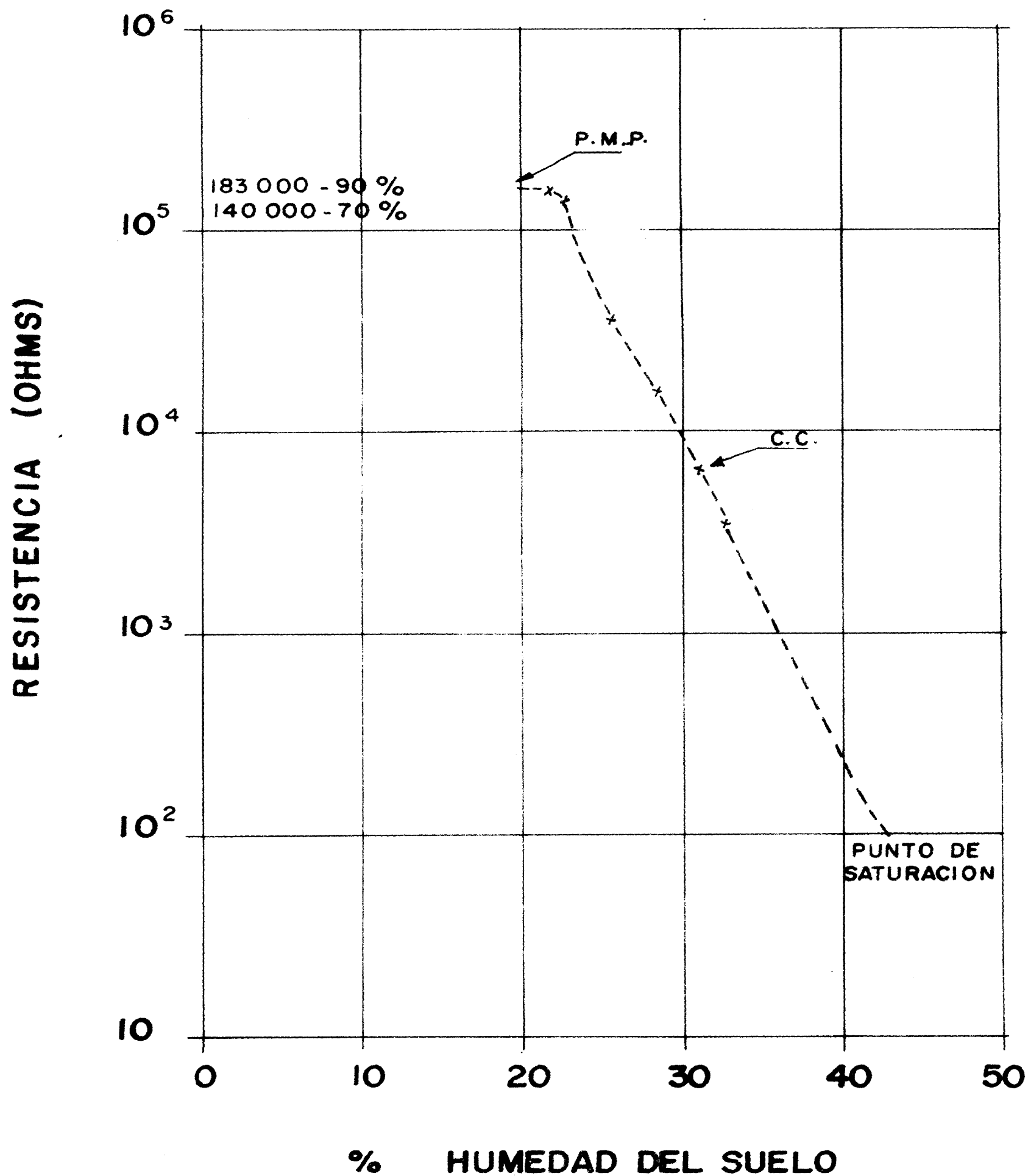


Fig. 2 Curva de calibración de bloques de resistencia para un suelo migajón arcillo arenoso.



### 3.2.- DISEÑO EXPERIMENTAL Y TRATAMIENTOS

Se empleó un arreglo de parcelas divididas en un diseño de bloques al azar, el cual constó de 4 tratamientos de humedad en 4 estados de desarrollo con 4 repeticiones. Fig. 2 A.

#### Tratamientos

O.- Testigo

A.- Regar al abatirse el 30% de humedad aprovechable.

(Aproximadamente a 40 centibars)

B.- Regar al abatirse el 50% de humedad aprovechable

(Aproximadamente a 70 centibars)

C.- Regar al abatirse el 70% de humedad aprovechable

(Aproximadamente 170 centibars)

D.- Regar al abatirse el 90% de humedad aprovechable

(Aproximadamente 310 centibars)

Las etapas de desarrollo estudiadas fueron:

Etapas 1. Crecimiento

Etapas 2. Floración

Etapas 3. Grano lechoso

Etapas 4. Grano maduro

Se aplicó por igual a todos los tratamientos la dosis de fertilizante 200-120-80.

La variedad de maíz empleada fue:

Maíz super-enano (Cortazar, SSE-316-2 X SSE-97-1-4)

### 3.3.- INSTALACION DEL EXPERIMENTO

Una vez tamizado el suelo, se llenaron las macetas conforme a su distribución en el invernadero, pesándolas y agregándoles una capa de grava en el fondo para facilitar el drenaje y 7 kg. de suelo, colocando 4 semillas y regando con 3 litros de agua, para llevar el suelo a capacidad de campo.

Una vez germinado las semillas se seleccionaron 2 plantas por maceta, estableciendo los tratamientos en su primera etapa 30 días después de la siembra, habiendo colocado previamente tensiómetros y bloques de resistencia para medir la tensión referida a cada tratamiento; fertilizando en ese momento conforme a la dosis correspondiente referida al área de la maceta. La forma de llevar este trabajo se incluye en el Anexo 3 A.

### 3.4.- OBSERVACIONES DE INVERNADERO

Periodicamente se hicieron observaciones y toma de datos.

- a. La tensión de humedad del suelo se registró mediante el uso de tensiómetros y bloques de resistencia, haciéndolas diariamente ya que nos indicaban el momento del riego.
- b. La temperatura ambiente se registró con Termómetros de máxima y mínima colocados en los bancos del invernadero.
- c. Absorción de agua. Se estuvieron pesando diariamente las macetas por las mañanas durante todo el ciclo, antes de aplicar el riego.
- d. Cantidad de agua aplicada a cada tratamiento.

- e. Rendimiento total en grano, materia seca y peso de raíces.
- f. Toma de muestras para determinar el % de proteínas en grano.
- g. Toma de muestra para análisis del suelo al terminar el ciclo para comparación de resultados.
- h. A las macetas se les aplicaba agua tan pronto como los Tensiómetros y bloques de resistencia indicaban la tensión determinada y la cantidad aplicada era la necesaria para llevar el suelo a capacidad de campo.



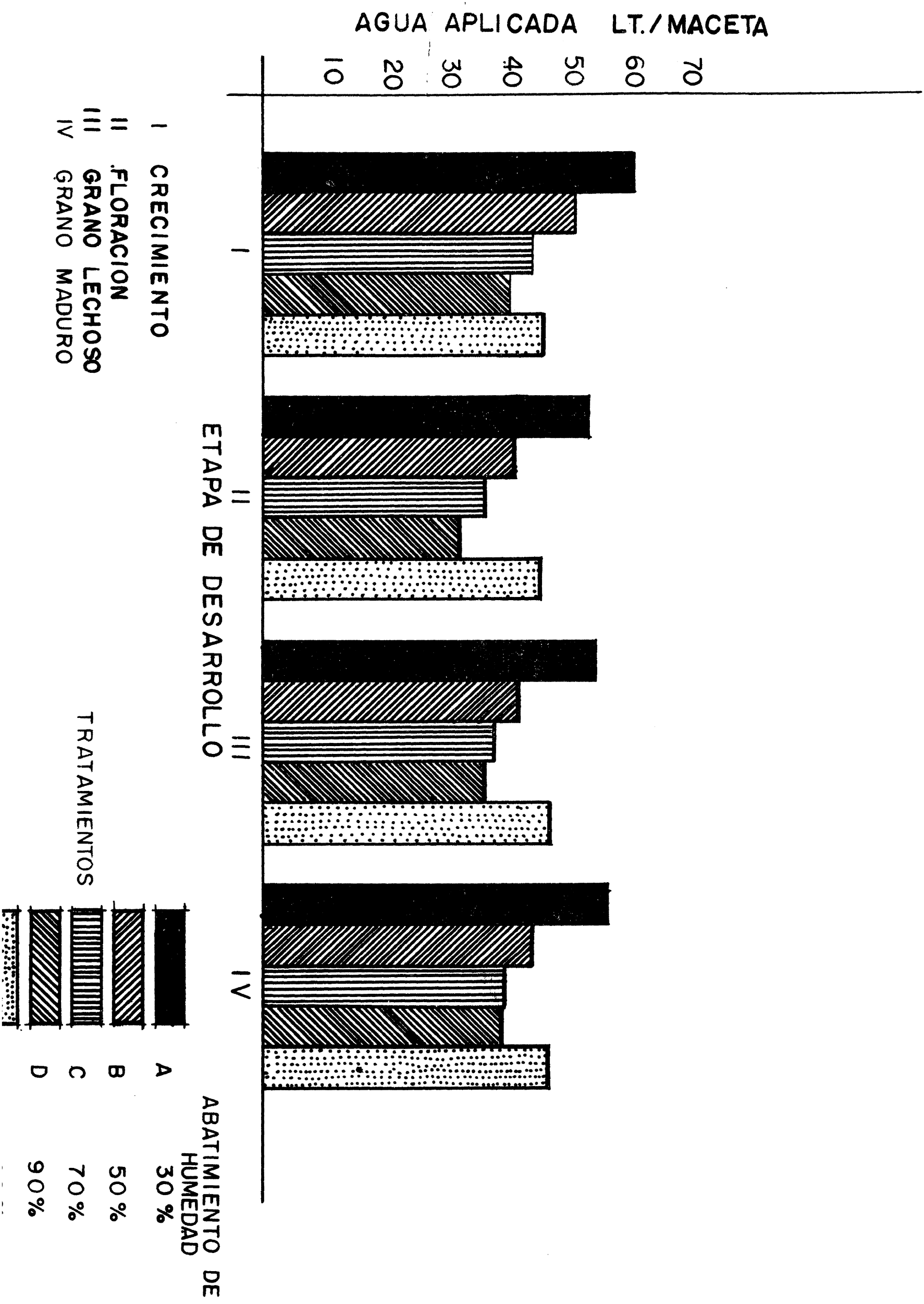
#### 4. RESULTADOS Y DISCUSION

El principal objetivo de este trabajo fue para verificar o rechazar la hipótesis de que el maíz super-enano es afectado en el uso de agua, desarrollo y rendimiento al someterlo a diferentes niveles de potencial de agua, correspondientes a igual número de sequías, en cuatro etapas de su ciclo vegetativo.

Cuadro 2. Tratamientos de humedad y etapas de desarrollo, así como la cantidad de agua aplicada. Buenavista, Coah. 1975.

Tratamientos de humedad-etapa %			Agua aplicada (Lt.)
30	I A	Crecimiento	62
"	II A	Floración	54
"	III A	Grano lechoso	55
"	IV A	Grano maduro	56
50	I B	Crecimiento	52
"	II B	Floración	42
"	III B	Grano lechoso	42
"	IV B	Grano maduro	44
70	I C	Crecimiento	45
"	II C	Floración	36
"	III C	Grano lechoso	38
"	IV C	Grano maduro	40
90	I D	Crecimiento	41
"	II D	Floración	33
"	III D	Grano lechoso	36
"	IV D	Grano maduro	39
60	Testigo todo el ciclo		47

Fig. 3 Agua aplicada en litros por maceta para cada etapa de desarrollo y para los diferentes niveles de humedad.



Observando el Cuadro 2 en donde se presentan estos datos y en la Fig. 3 tenemos que la cantidad de agua aplicada a la planta fue superior en todos los tratamientos al abatimiento del 30% de la humedad aprovechable, en cada una de las etapas, esto era de esperarse ya que en estos tratamientos la frecuencia de riego fue mas estrecha que todos los demás tratamientos, siendo los máximos abatimientos los que recibieron menor cantidad de agua. La eficiencia de uso de agua para la producción de materia seca fue mejor para la etapa de floración, ya que fue a la que se le aplicó menor cantidad de agua pero su rendimiento en materia seca fue superior a los demás tratamientos como se ve en los Cuadros 3 y 5.

La temperatura dentro del invernadero, al igual que las demás variables, se registró diariamente y se presenta en la Fig.4. Como se puede notar los rangos de fluctuación fueron considerables, ya que no se controlaba ésta dentro del invernadero. Esto afectó que la producción de grano fuera baja sobre todo por efecto de los tratamientos en la etapa de floración.

#### 4.1.- ABSORCION DE AGUA

La absorción de agua fue registrada diariamente para cada etapa de desarrollo en particular, como se puede observar en la Fig. 5. La variación de la absorción estuvo regida principalmente por el desarrollo de la planta, por la temperatura y por la cantidad disponible de ésta en el suelo. Conforme era mayor el desarrollo vegetativo, las aplicaciones de agua eran mas fre-

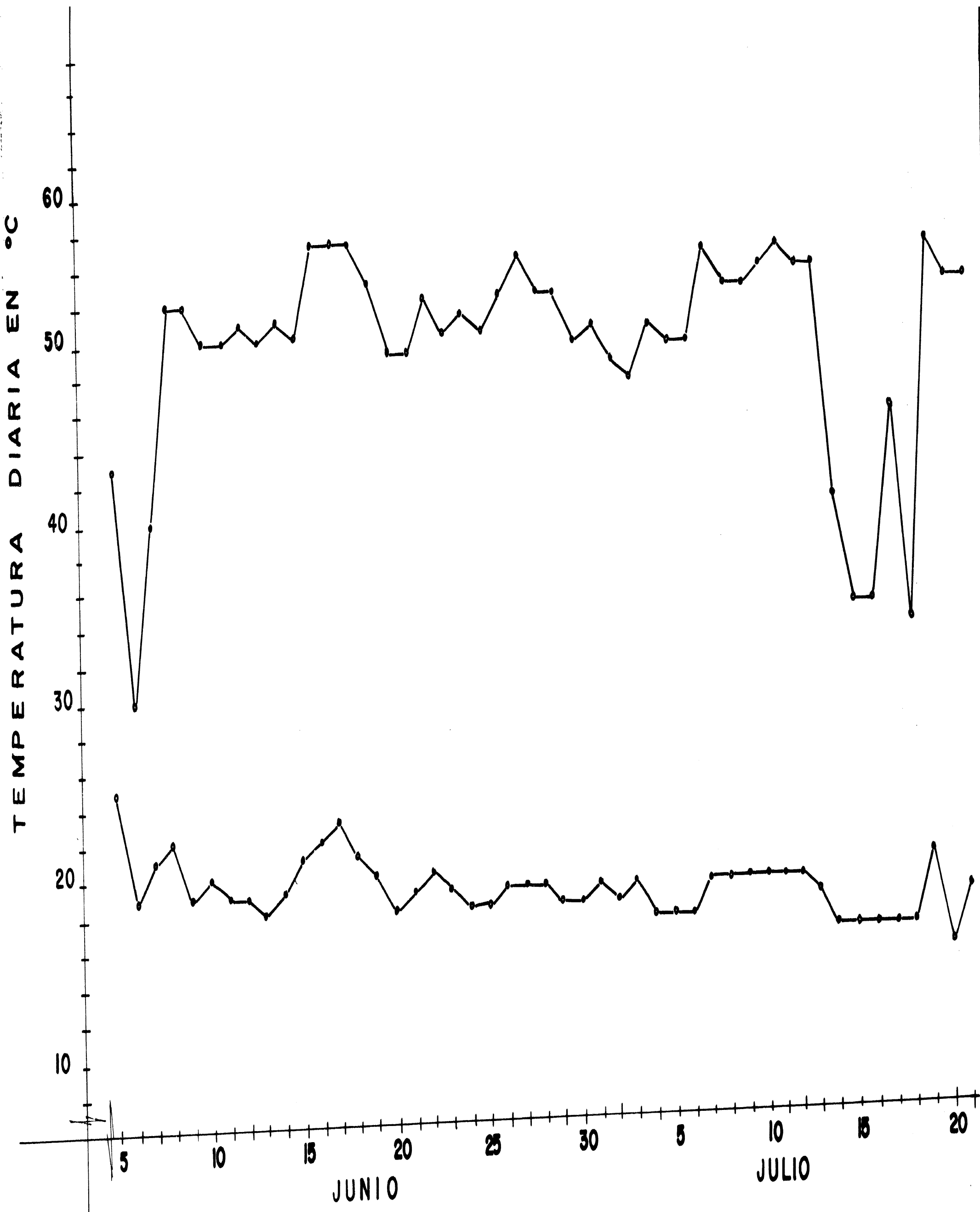
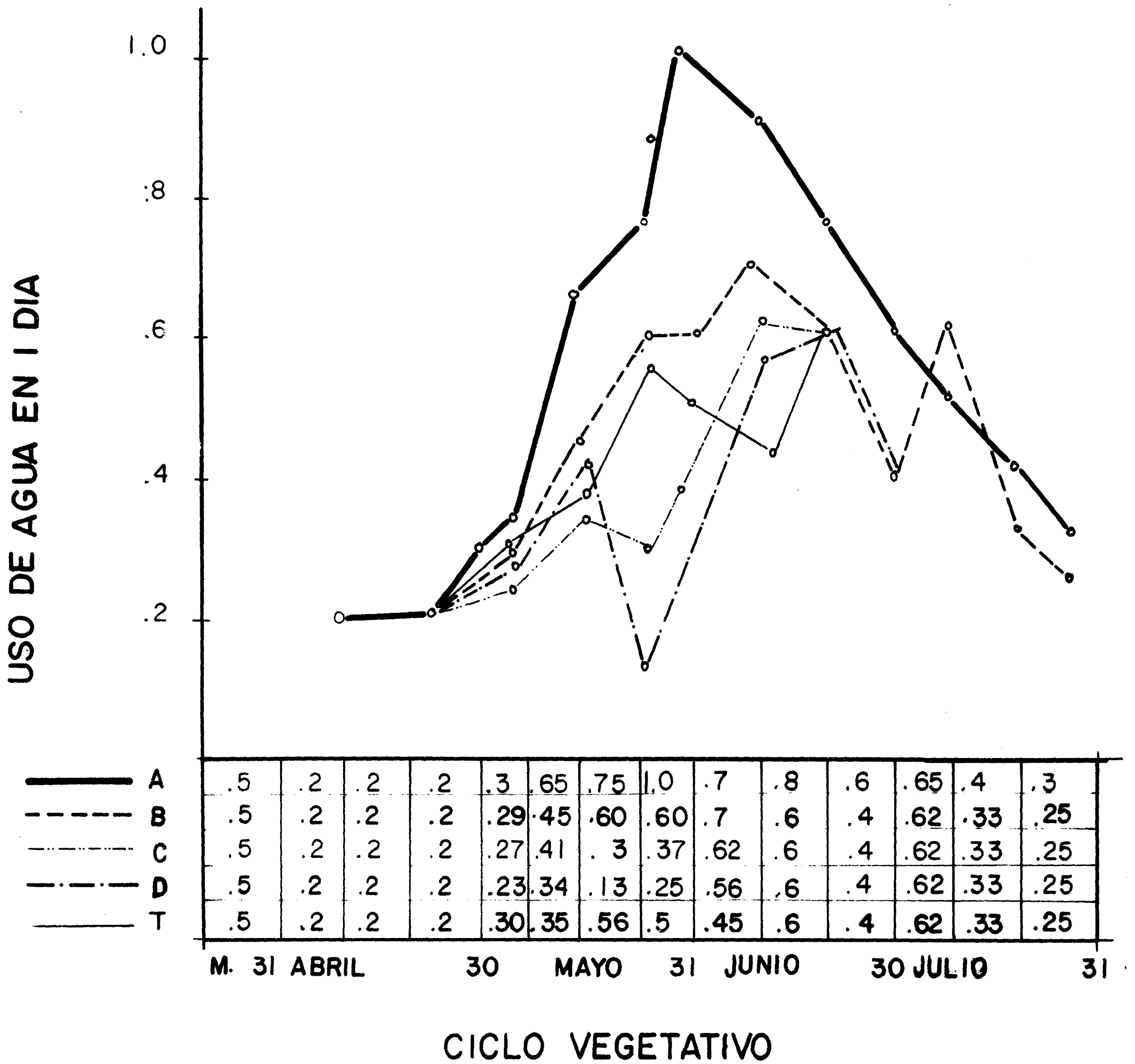


Fig. 4. Temperaturas diarias máximas y mínimas dentro del invernadero.

Fig. 5 Uso de agua por día para la etapa de desarrollo correspondiente a crecimiento antes y después de aplicar los tratamientos.



Cuadro 3. Rendimiento medio de forraje, grano y materia seca.

Etapa	Ttmnto.	Forraje (g)	Grano (g)	Raíces (g)	Mat. Seca (g)
I	A	71.82	20.42	18.82	111.06
	B	64.17	15.02	13.27	92.46
	C	76.30	4.32	16.67	97.29
	D	70.45	16.30	16.60	103.35
	T	63.00	25.70	17.35	106.05
II	A	72.55	17.97	19.77	110.29
	B	76.42	10.05	18.55	105.02
	C	86.80	6.20	19.87	112.87
	D	78.75	17.25	18.60	114.60
	T	78.75	12.65	19.05	110.45
III	A	67.32	30.07	20.77	118.16
	B	61.42	30.40	12.55	104.37
	C	59.19	20.67	14.65	94.51
	D	57.92	22.37	9.90	90.19
	T	64.20	27.57	13.37	105.14
IV	A	74.85	26.65	11.15	112.65
	B	64.10	30.32	12.27	106.69
	C	65.22	25.50	17.62	108.34
	D	73.35	16.62	18.27	108.24
	T	70.45	19.32	17.67	107.44

Cuadro 4. Eficiencia en uso de agua para materia seca.  
Buenavista, Coah. 1975.

Etapa	Ttmnto.	Rendimiento Mat. seca (g)	Agua apli cada (Lt.)	Eficiencia (g/lit)
I	A	111.06	62	1.79
	B	92.46	52	1.77
	C	97.24	45	2.16
	D	103.35	41	2.52
II	A	110.29	54	2.04
	B	105.02	42	2.50
	C	112.87	36	3.13
	D	114.60	33	3.47
III	A	118.16	55	2.14
	B	104.37	42	2.48
	C	94.47	38	2.48
	D	90.19	36	2.50
IV	A	112.65	56	2.01
	B	106.69	44	2.42
	C	108.39	40	2.70
	D	108.24	34	2.77

cuentes, ya que la planta necesitaba mayor cantidad para formar nuevas células y para rehidratar las que ya posee. En la figura anterior podemos notar que el agua absorvida por las plantas en los tratamientos A y B (30 y 50% de abatimiento) fue superior que los tratamientos C y D (70 y 90% de abatimiento). Algunos autores (19) dicen que cuando el agua aplicada no es limitante, el grado de transpiración está muy relacionado con las condiciones climáticas; el aumento en temperatura hace que las moléculas de agua tengan mayor energía cinética y por lo tanto se muevan con mayor rapidez, con lo que aumenta la intensidad transpiratoria. Cuando la tensión de humedad del suelo es baja, principalmente después de un riego, la absorción de agua por las plantas es mayor.

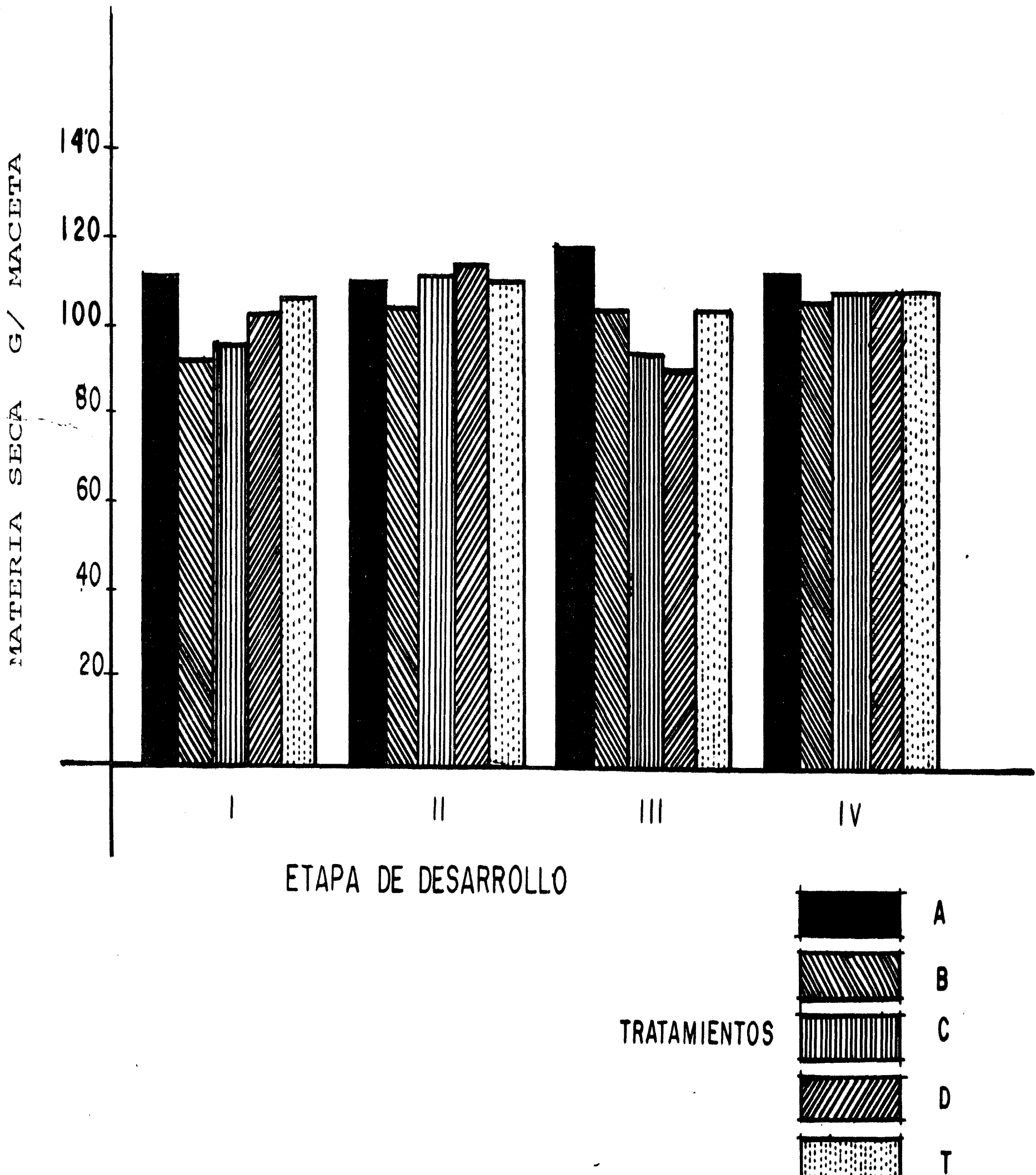
Slatyer (25) dice que antes que todo el déficit de agua afecta directamente el transporte de agua a través de las plantas y por lo tanto el valor de la absorción de agua y su transpiración. Bajo condiciones de un contenido de agua elevado en el suelo son solo pequeños gradientes de potencial de agua requerida para transporte. Por lo tanto la transpiración es entonces principalmente determinada por factores ambientales, particularmente la cantidad de energía recibida por la planta.

#### 4.2.- MATERIA SECA

Como podemos observar el rendimiento medio de materia seca, esto es forraje, grano y raíces en la Fig. 6 y Cuadro 3, fue mayor para los niveles mas bajos de humedad en el tratamiento A en



Fig. 6 Rendimiento en materia seca para las cuatro etapas de desarrollo y para los diferentes niveles de humedad.



las etapas I, III y IV y el tratamiento C, para la etapa II, cuyo bloque en producción global fue mayor a todos los demás, por lo anterior el nivel óptimo para producción de materia seca fue el de 30% de abatimiento correspondiente a una tensión de 0.40 bar. En otro trabajo similar por García (11) estudiando la influencia de diferentes niveles de humedad y de fertilización en dos variedades de maíz, encontró que el nivel óptimo para producir los máximos rendimientos en materia seca fue de 0.50 bar de tensión. En otros trabajos experimentales realizados (20) se ha demostrado que la producción de materia vegetal es una función del agua y fertilizante.

#### 4.3.- CONTENIDO DE PROTEÍNA EN FORRAJE Y GRANO

En el Cuadro 5 se muestran los resultados del análisis de la determinación de proteína en forraje y grano. El contenido de proteína en el forraje para las etapas I y II fue mayor que para las etapas III y IV y para los tratamientos D, C, C, C para I, II, III, IV, por lo cual el contenido de proteína para forraje fue más alto cuando existía un bajo contenido de humedad en el suelo. Resultados semejantes fueron obtenidos por García (11).

En cambio el contenido de proteína en grano fue mayor en la etapa III que en las demás etapas, siendo menor en la etapa II, en lo que respecta a los tratamientos los mejores fueron C, D, D, D, en las etapas I, II, III, IV respectivamente.

Hernández y Laird (13) en su trabajo incluyeron 4 variables

Cuadro 5. Resultados de análisis para la determinación de proteína en forraje y grano. Buenavista, Coah. 1975.

Etapa	Tratamiento	% Proteína grano	% Proteína forraje
I	A	7.01	3.51
	B	5.55	4.46
	C	7.55	4.44
	D	6.35	4.48
II	A	6.01	4.17
	B	4.27	3.51
	C	4.67	4.77
	D	7.08	4.46
III	A	7.80	3.74
	B	9.02	3.43
	C	6.92	3.85
	D	9.28	3.35
IV	A	5.51	3.72
	B	8.36	3.40
	C	8.42	3.93
	D	9.58	3.59

de humedad que consistieron en regar durante la primera parte del ciclo, cuando la humedad aprovechable se redujera hasta los siguientes valores: (A) 75%; (B) 50%; (C) 25%; (D) 0%, y obtuvieron que el porcentaje más bajo de proteínas correspondió a la condición más húmeda (tratamiento A) y el mayor porcentaje correspondió al tratamiento C.

#### 4.4.- FORRAJE Y GRANO

Los resultados se pueden observar en el Cuadro 3, y las gráficas 7, 8, 9, 10. Los análisis de varianza y prueba de Duncan se presentan en los Cuadros 4 A, 5 A, 6 A del apéndice, como podemos observar en los anteriores cuadros, el análisis de varianza determinó significancia para el factor A y no significancia para el factor B y la interacción AB, debido a que el factor A no es cuantificable, se procedió a hacer la prueba de Duncan para determinar cual etapa fue la menos afectada por los niveles de sequía y podemos observar en el Anexo 6 A que para forraje la etapa menos afectada fue la de Floración (II), siendo semejantes en rendimiento I y IV y la etapa III se diferenció de todas por tener menor rendimiento, el tratamiento C de la etapa II fue el que produjo los mas altos rendimientos.

En cuanto a grano las etapas III y IV arrojaron resultados semejantes difiriendo de las demás, siendo la etapa II la que produjo los mas bajos rendimientos, los tratamientos B de las etapas III y IV fueron los mejores y el tratamiento C de la II, el de menor rendimiento.

FORRAJE G/ MACETA

90  
80  
70  
60  
50  
40  
30  
20  
10

ETAPA DE DESARROLLO

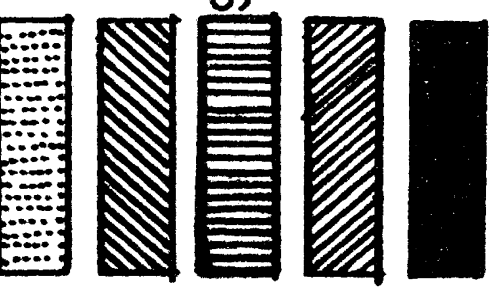
I

II

III

IV

TRATAMIENTOS



A  
B  
C  
D  
T

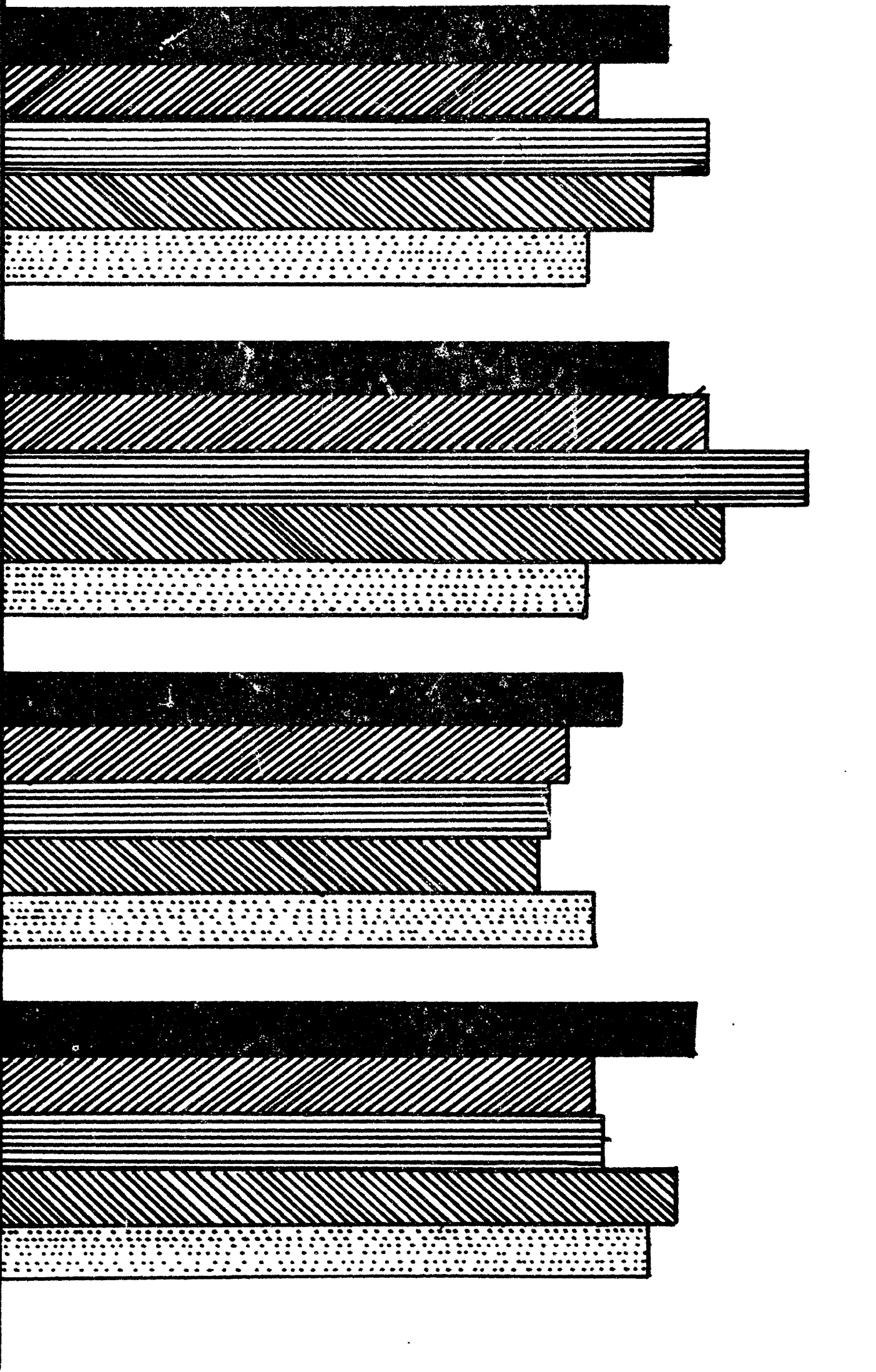


Fig. 8 Rendimiento en forraje para tres niveles de humedad y cuatro etapas de desarrollo con tres esfuerzos de humedad del suelo.

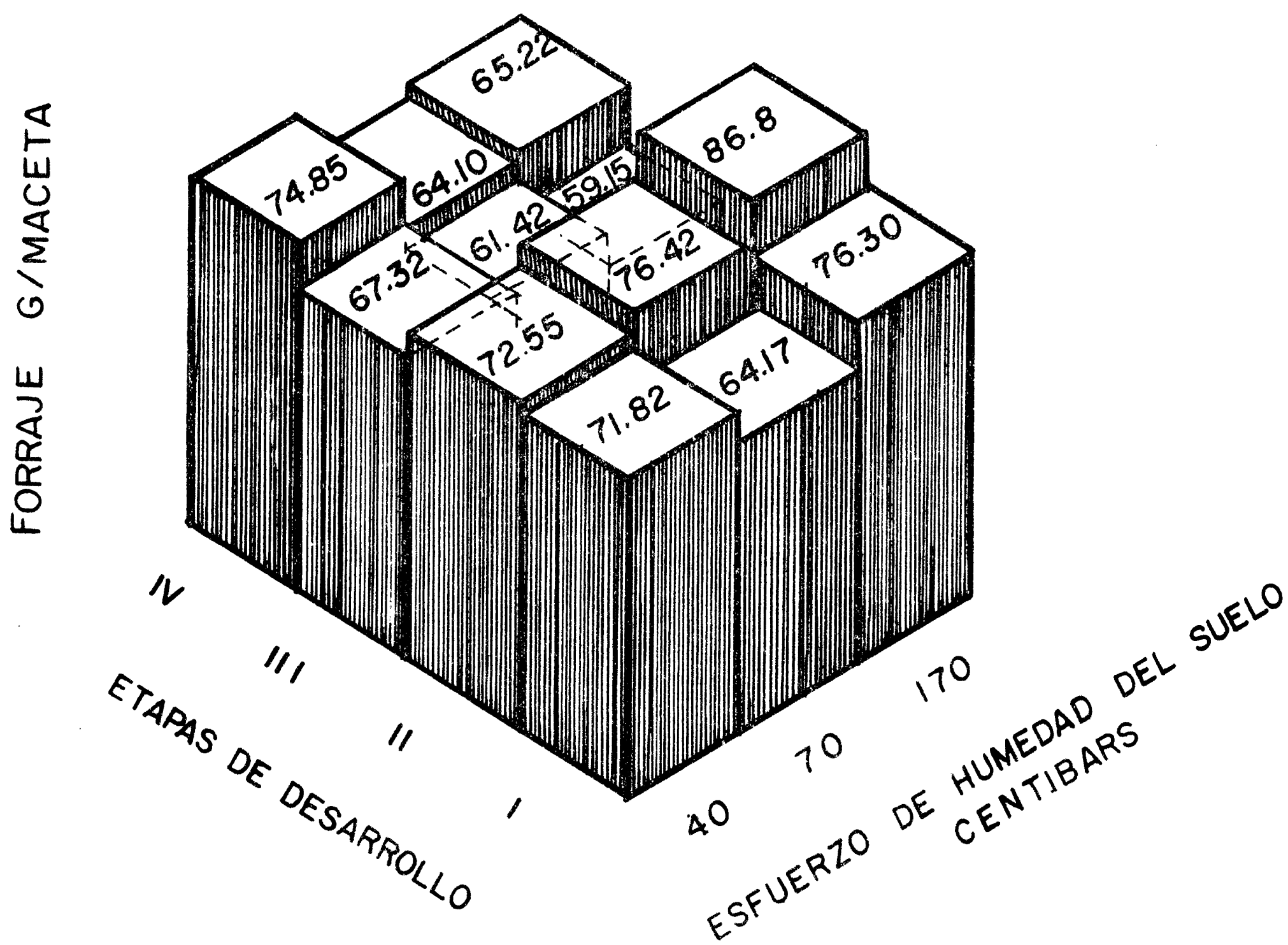


Fig. 9 Rendimiento en grano para las cuatro etapas de desarrollo y para los diferentes niveles de humedad.

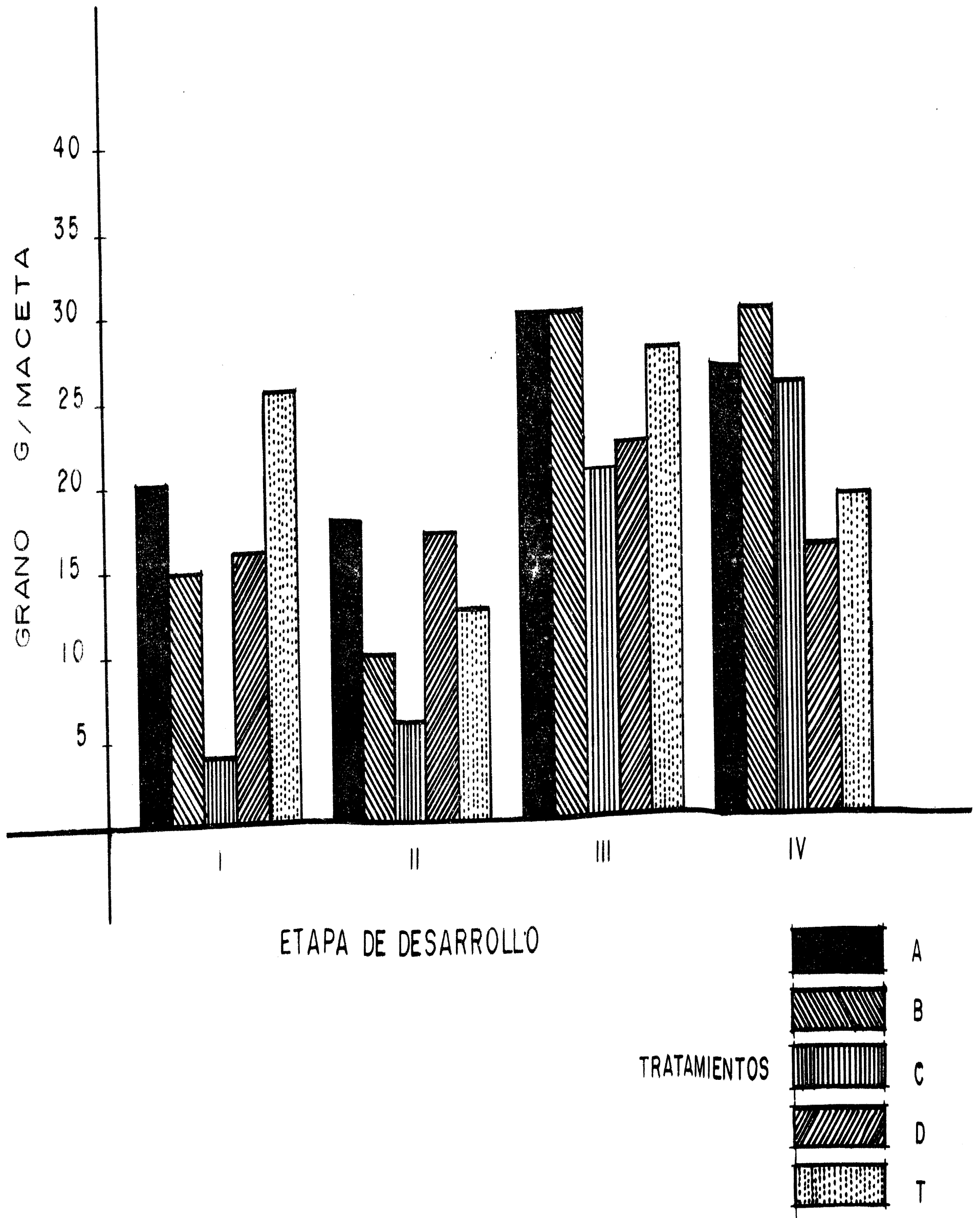
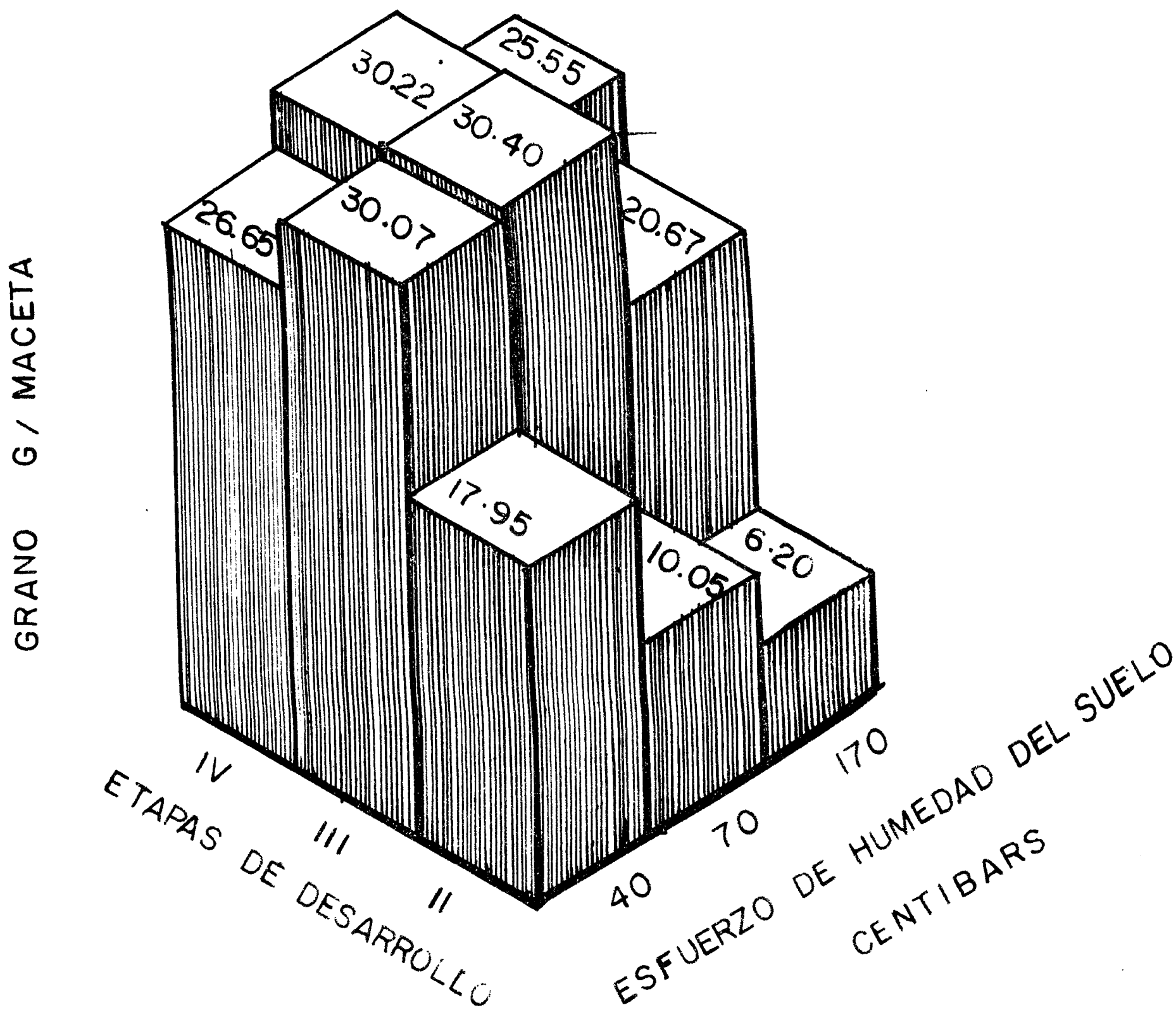


Fig. 10 Rendimiento en grano para tres niveles de humedad y tres etapas de desarrollo con tres esfuerzos de humedad del suelo.





Estos resultados nos indican que los déficit de humedad en un suelo en diferentes etapas de desarrollo sí afectan los rendimientos como afirman Fernández y Laird (9) que de los resultados de los estudios de la relación entre el rendimiento de maíz y las condiciones de humedad del suelo se puede establecer lo siguiente: Primero, el maíz es muy sensible a las deficiencias de humedad; y Segundo, estas deficiencias reducen más el rendimiento de grano cuando ocurren durante el espigamiento y la primera parte del período de formación de grano.

Robins y Domingo (22) y Denmead y Shaw (8) mostraron que el maíz en la etapa de floración es relativamente tolerante a déficit de humedad.

Slatyer (25) dice que del estado de la iniciación de espigas secundarias a la fertilización de los óvulos, un número de otros procesos, asociados con el desarrollo de la florescencia, son probablemente sensitivos al déficit de humedad, por eso causan una reducción en el número de granos por mazorca, o aún en el número de mazorcas fértiles.

## 5. RESUMEN Y CONCLUSIONES

En el invernadero de la Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro", se realizó un trabajo que tuvo como objetivo principal estudiar cómo el maíz super-enano es afectado en el uso de agua, desarrollo y rendimiento, al someterlo a diferentes niveles de potencial de agua, correspondiente a igual número de sequias, en cuatro etapas de su ciclo vegetativo. Se empleó un arreglo de parcelas divididas en un diseño de bloques al azar - el cual constó de cuatro tratamientos de humedad, en cuatro etapas de desarrollo, con cuatro repeticiones. Se aplicó la dosis de fertilizante 200 - 120 - 80. Se determinaron las características físicas y químicas del suelo, así como la curva de retención de humedad.

Se tomaron registros diarios de temperatura ambiente y de tensión de humedad del suelo, así mismo se determinó: absorción de agua por las plantas; fecha de floración, de jiloteo y de cosecha; cantidad de agua aplicada a cada uno de los tratamientos.

Los riegos se aplicaron tan pronto como los tensiómetros y bloques de resistencia eléctrica marcaban la tensión esperada, y la cantidad de agua aplicada era la necesaria para llevar el suelo a capacidad de campo.

La cosecha se realizó a los 138 días, siendo la producción baja debido a las altas temperaturas del invernadero. Con la cosecha se tomaron los siguientes datos: rendimiento total de materia seca, forraje, raíces, rendimiento de grano y contenido de proteí-

nas en forraje y grano.

Con la información obtenida de este trabajo se pueden derivar las siguientes conclusiones:

1. La cantidad de agua aplicada a la planta fue superior en todos los tratamientos al abatimiento del 30% de la humedad aprovechable, en cada una de las etapas.
2. El nivel óptimo para producción de materia seca fue el de 30% de abatimiento correspondiente a una tensión de 0.40 bar en la mayoría de las etapas.
3. La eficiencia de uso de agua para la producción de materia seca fue mejor para la etapa de floración.
4. La mejor producción de forraje se obtuvo en el bloque correspondiente a la etapa de floración, siendo la más alta la que correspondió al abatimiento del 70%.
5. En cuanto a grano los mejores resultados se obtuvieron en la etapa de grano lechoso y grano maduro.
6. El contenido de proteína para forraje fue más alto cuando existió un bajo contenido de humedad en el suelo. Para grano el mejor contenido se obtuvo en la etapa de grano lechoso.

Se recomienda para futuras investigaciones, a poner más atención a los medios de inducir niveles de presión bien definidos y reproducibles, y los aconsejo para que puedan ser obtenidos datos cuantitativos y comparativos.

## B I B L I O G R A F I A

1. Allison, L.E. et al. Diagnóstico y Rehabilitación de suelos salinos y sódicos. Manual de Agricultura No. 60 de los Estados Unidos.
2. Carlson, C.W. et al. 1959. Evapotranspiration and yield of corn as influenced by moisture level, nitrogen fertilization and plant density. Soil Sc. Society of American Proc., 23: 240-245.
3. Castro, G.M. 1973. Maíces super-enanos para el bajío. Boletín Técnico, ESAAN, Universidad de Coahuila, México.
4. Claassen, M.N. and Shaw, R.H. 1970. Water deficit effects on corn. I. Vegetative Components, Agron. J., 62: 649-652.
5. Claassen, M.N. and Shaw, R.H. 1970. Water deficit effects on corn. II. Grain Components Agron. J., 62:652-655.
6. Cordner, H.B. 1942. The influence of irrigation water on the yield and quality of sweet corn and tomatoes, with special reference to the time and number of applications. Proc. Amer. Hort Sc., 40: 475-481.
7. Denmead, O.T. and Shaw, R.H. 1962. Availability of soil water to plants as affected by soil moisture content and meteorological conditions. Agron. J., 54: 385-389.
8. Denmead, O.T. and Shaw, R.H. 1960. The effects of soil moisture stress at different stages of growth on the development and yield of corn. Agron. J., 52: 272-274.
9. Fernández, G.R. y Laird, R.J. 1954. Efectos de sequía durante el espigamiento en maíz cultivado con diferentes aplicaciones de Nitrógeno. O.E.E. SAG. Folleto Técnico No. 1010.
10. Fernández, G.R. 1960. Determinaciones de la humedad del suelo. Revista Chapingo, Enero-Febrero, pp. 16-31.

11. García, A.J. 1975. Influencia de diferentes niveles de humedad y de fertilización nitrogenada sobre la absorción de agua y nutrientes, en rendimiento y calidad de grano en dos variedades de maíz. Tesis M.C. UAAAN, Buenavista, Coah. México.
12. Haynes, J.L. 1948. The effect of availability of soil moisture upon vegetative growth and water use in corn. Jour. Amer. Soc. Agron., 40: 385-395.
13. Hernández, S. y Laird, R.J. 1958. La humedad del suelo en la primera parte del ciclo en relación al rendimiento de maíz. Folleto Técnico No. 33 O.E.E. SAG. México.
14. Hiler, E.A. and Clark, R.N. 1970. Stress day index to characterize effects of water stress on crop yields. transactions of the ASAE. Vol. 14(4):757-761. Saint Joseph, Michigan.
15. Howe, O.W. and Rhoades, H.F. 1955. Irrigation practice for corn production in relation to stage of plant development. Soil Sc. Soc. Amer. Proc., 19: 94-98.
16. Kramer, P.J. 1969. Plant and soil water relationships: A modern synthesis, Mc Graw Hill. New York.
17. Luebs, R.E. and Laag, A.E. 1967. Nitrogen effect on leaf-area, yield and nitrogen uptake of barley under moisture stress. Agron. J., 59: 219-222.
18. Miller, M.F. and Duley, F.L. 1925. Effect of a varying moisture supply upon the development and composition of maize plant at different periods of growth. Mo. Agr. - Exp. Sta. Res. Bull. 76.
19. Penman, H.L. 1963. Vegetation and hidrology. Comonealth Bureau of soils. Technical Communication 53. Harpenden, England.

20. Peterson, H.G. y J.C. Ballard, 1953. Effect of fertilizer and moisture on the growth and yield of sweet corn. Utah Agric. Expt. Sta. Bull No. 360:15.
21. Rhoades, F.M. et al. 1973. Response of three corn hybrids to low levels of soil moisture tension in the plow - layer. Agron. J., 65: 315-317.
22. Robins, J.S. and Domingo, C.E. 1953. Some effects of severe soil moisture deficit at specific growth stages in corn. Agron. J., 45: 618-621.
23. Saiz del R, J.F. y E. Bornemiza, 1961. Análisis químico de suelos. Métodos de Laboratorio para diagnosis de fertilidad. IICA. Turrialba, Costa Rica, C.A. pp. 57-58.
24. Singleton, H.P. et al 1950. Soil water and crop management investigations in the Columbia Basin Proyect Washington Agr. Exp. Station No. 520.
25. Slatyer, R.O. 1967. "Plant water relationships". Academic Press. Nueva York.

# A P E N D I C E

Cuadro 1 A. Etapas fenológicas de las plantas de maíz.  
Buenavista, Coah. 1975.

Etapa	Fecha 1975	Días después de la siembra.
Siembra	Marzo 20	0
Emergencia	Marzo 26	6
Aclareo	Abril 14	25
Floración	Junio 11	83
Jiloteo	Junio 19	91
Grano lechoso	Julio 19	106
Grano maduro	Julio 22	124
Cosecha	Agosto 5	138



FIG. 2A DISTRIBUCION DE MACETAS EN EL INVERNADERO

B	A	C	D
2 1 3 4 3 1 4 2 1 2 3 4 1 3 4 2			

A	B	C	D
4 1 3 2 3 2 4 1 2 1 3 4 4 1 2 3			

B	C	A	D
4 1 2 3 4 3 2 1 4 2 3 1 3 4 1 2			

B	C	A	D
1 2 4 3 2 3 4 1 2 3 1 4 3 2 4 1			

TRATAMIENTOS

- A = 30% de humedad
- B = 50% de humedad
- C = 70% de humedad
- D = Máximo abatimiento

ETAPAS DE CRECIMIENTO

- 1. Crecimiento
- 2. Floración
- 3. Grano lechoso
- 4. Grano maduro

## ANEXO 3A FORMA DE LLEVAR A CABO EXPERIMENTO

Establecimiento	A	Aplicación de tratamientos	Suspensión para llevarlos al 50 % de humedad
-----------------	---	----------------------------	--

---

	B	Primera etapa	
--	---	---------------	--

---

	C	Crecimiento	
--	---	-------------	--

---

	D		
--	---	--	--

---

Establecimiento y 50 % de humedad	A	Aplicación de tratamientos	Suspensión y recuperación para 50 % de H. A.
-----------------------------------	---	----------------------------	--

---

	D	Segunda etapa	
--	---	---------------	--

---

	C	Floración	
--	---	-----------	--

---

	D		
--	---	--	--

---

Establecimiento y 50 % de humedad	A	Aplicación de tratamientos	Suspensión y recuperación para 50 % de H. A.
-----------------------------------	---	----------------------------	--

---

	B'	Tercera etapa	
--	----	---------------	--

---

	C	Grano lechoso	
--	---	---------------	--

---

	D		
--	---	--	--

---

Establecimiento y 50 % de humedad	A	Aplicación de tratamientos	Suspensión y recuperación para 50 % H. A.
-----------------------------------	---	----------------------------	---

---

	B	Cuarta etapa	
--	---	--------------	--

---

	C	Grano maduro	
--	---	--------------	--

Cuadro 4 A. Análisis de varianza para el rendimiento de grano. Buenavista, Coah. 1975.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	Ft	
					0.05	0.01
A	3	2282.34	760.78	5.79**	2.88	4.22
B	3	834.59	278.19	2.12N.S.	2.88	4.22
AB	9	836.05	92.89	0.7 N.S.	2.08	
EE	48	6296.75	131.18			
TOTAL	63	10249.73				

Cuadro 5 A. Análisis de varianza para rendimiento de forraje.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	Ft	
					0.05	0.01
A	3	2373.50	791.166	8.166**	2.88	4.22
B	3	291.42	97.140	1.002 N.S.	2.88	4.22
AB	9	1016.19	112.910	1.165 N.S.	2.08	
EE	48	4650.13	96.877			
TOTAL	63	8331.24				

## Anexo 6 A. Prueba de Duncan para forraje.

		A 3	A 4	A 1	A 2
		61.4563	69.3812	70.6875	78.6312
A 2	78.6312	17.1749 *	9.2500 *	7.9437 *	0
A 1	70.6875	9.2312 *	1.3063	0	
A 4	69.3812	7.9249 *	0		
A 3	61.4563	0			

$$S \bar{x} = 2.460$$

	2	3	4
	2.845	2.995	3.090
	2.460	2.460	2.460
	<hr/>	<hr/>	<hr/>
	6.998	7.3677	7.6014

## Prueba de Duncan para grano

		A 2	A 1	A 4	A 3
		12.8687	14.0187	24.7875	25.8812
A 3	25.8812	13.0125 *	11.8625 *	1.0937	0
A 4	24.7875	11.9188 *	10.7688 *	0	
A 1	14.0187	1.500	0		
A 2	12.8687	0			

$$S \bar{x} = 2.863$$

	2	3	4
	2.845	2.995	3.090
	2.863	2.863	2.863
	<hr/>	<hr/>	<hr/>
	8.1452	8.5746	8.8466